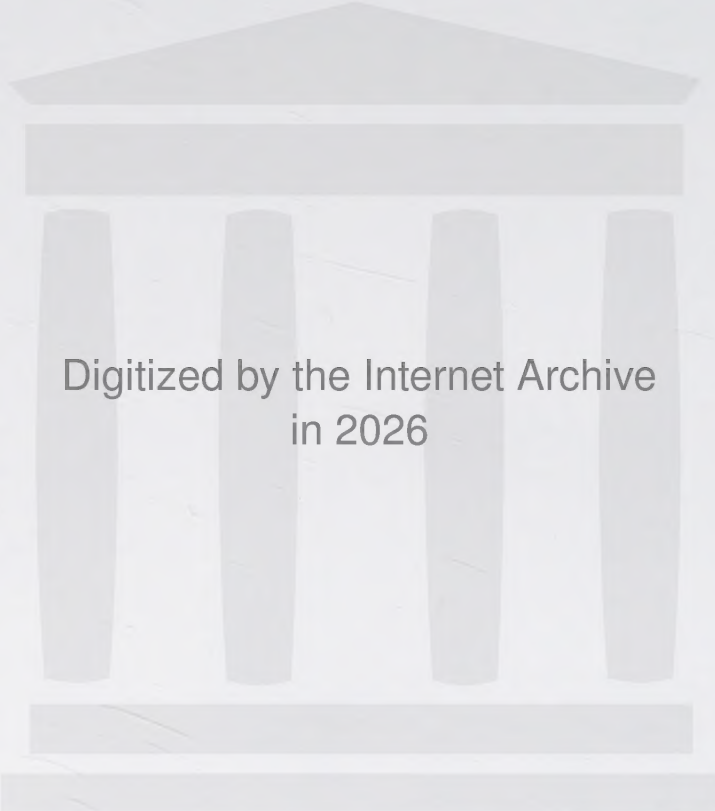


**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS
KURZFRISTIGER ÄNDERUNGEN VON
TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTE AUF
AUSGEWÄHLTE PSYCHOPHYSISCHE PARAMETER
WÄHREND EINES VIERWÖCHIGEN KLIMA-
KAMMERVERSUCHES**

(Farbwahl- und Farberinnerungsverhalten, Flimmerverschmelzungs-
frequenz, Lidschlagfrequenz, Corneale Schmerzempfindung
und Muskelkoordination)

Manfred Schappler

1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DEM INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE BALNEOLOGIE UND KLIMATOLOGIE
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Vorstand: Prof. Dr.med. H. Drexel

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS KURZFRISTIGER ÄNDERUNGEN
VON TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTE AUF AUSGEWÄHLTE PSYCHOPHY-
SISCHE PARAMETER WÄHREND EINES VIERWÖCHIGEN KLIMAKAMMER-
VERSUCHES.

(Farbwahl- und Farberinnerungsverhalten, Flimmerverschmel-
zungsfrequenz, Lidschlagfrequenz, Corneale Schmerzempfin-
dung und Muskelkoordination.)

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Manfred Schappler

aus

Bad Pyrmont

Jahr

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatter: Dipl.Phys. K. Dirnagl

Mitberichterstatter: Prof. Dr.med. H. Drexel

Dekan: Prof. Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26.4.77



Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhalt

Kapitel Nr.	Kapitel	Seite
1.	Einleitung	1
2.	Literatur	1
3.	Problemstellung	5
4.	Material und Methodik	6
4.1.	Der Bioklimaraum	7
4.2.	Versuchsablauf	10
4.3.	Klimareize in der physiologischen Diagnostik	10
4.4.	Auswertung der Meßergebnisse	14
5.	Der Farbttest	15
5.1.	Vorbemerkungen zum Farbmischtest FMT und Farberinnerungstest FET	15
5.2.	Methodik	17
5.3.	Versuchsablauf	20
5.4.	Ergebnisse	21
5.4.1.	Ergebnisse des Farbmischtestes	21
5.4.2.	Ergebnisse des Farberinnerungstestes	33
5.5.	Diskussion	36
5.5.1.	Diskussion der Ergebnisse des FMT	36
5.5.2.	Diskussion der Ergebnisse des FET	39
6.	Die Flimmerverschmelzungsfrequenz FLV	41
6.1.	Grundlagen der FLV	41
6.2.	Methodik	42
6.3.	Versuchsvorgang und Auswertung	43
6.4.	Ergebnisse des FLV	45
6.5.	Diskussion der Ergebnisse des FLV	49

Kapitel Nr.	Kapitel	Seite
7.	Der Lidschlagfrequenztest LSF	50
7.1.	Vorbemerkungen zum LSF und CSE (Corneale Schmerzempfindung)	50
7.2.	Methodik	52
7.3.	Durchführung und Auswertung	54
7.4.	Ergebnisse	55
7.4.1.	Ergebnisse des LSF	55
7.4.2.	Ergebnisse des CSE	58
7.5.	Diskussion	60
7.5.1.	Diskussion der Ergebnisse des LSF	60
7.5.2.	Diskussion der Ergebnisse des CSE	63
8.	Der Muskelkoordinationstest MCT	64
8.1.	Methodik	64
8.2.	Versuchsablauf und Auswertung	65
8.3.	Ergebnisse des MCT	68
8.4.	Diskussion der Ergebnisse des MCT	71
9.	Kritik der Methode	72
9.1.	Kritische Überlegungen zum Versuchs- ablauf	72
9.2.	Kritik der Klimareize	73
9.3.	Kritik der Versuchsmethoden	74
9.4.	Vergleichende Betrachtungen der Meßergebnisse aller Versuche	75
10.	Zusammenfassung	76
11.	Literaturverzeichnis	80

1. Einleitung

Die Begriffe "Wetter" und "Mensch" sind seit undenklichen Zeiten miteinander verknüpft. Ohne Kenntnis der Ursache weiß man schon sehr lange über Wettereinflüsse auf den menschlichen Organismus, wie z.B. rheumatische Beschwerden bei Wetterwechsel, Bescheid.

Seit Jahrhunderten versucht man nun, wetterbedingte Umwelteinflüsse mit Reaktionen des Organismus zu korrelieren. Heute sind durch die medizinmeteorologische Statistik signifikante Zusammenhänge zwischen einzelnen Wetterlagen und der Häufung von Herzinfarkten, Apoplexen, Asthma bronchialeanfällen und Gallenkoliken bekannt. (Becker, 3)

Es ist sicher, daß jeder Mensch in irgendeiner, sei es in stärkerer oder schwächerer Form, auf Änderungen der Wetterlage reagiert, ohne daß es ihm zum Teil selbst bewußt ist.

Während nun die Mehrzahl der Medizinmeteorologen den Einfluß der Gesamtwetterwirkung auf Einzel- oder Gesamtreaktionen des Organismus beobachtet, werden wir in unserer Arbeit die Auswirkungen gezielt gesetzter Einzelwetterelemente auf den Organismus anhand einiger neu entwickelter bzw. variierten Testmethoden über Indikatoren der Reaktionen des Organismus untersuchen.

2. Literatur

Bei den Literaturhinweisen haben wir uns auf eine kurze Darstellung grundlegender Arbeiten zur Wetterbiotropie beschränkt, da es uns zweckmäßiger erschien, die spezifische

Literatur zu den einzelnen Versuchen bei diesen selbst anzuführen.

Zudem liegen uns über den Einfluß von Wetteränderungen auf die von uns untersuchten Parameter keine Arbeiten vor.

Die Vielzahl der Beobachtungen und der lange Beobachtungszeitraum haben die engen Beziehungen zwischen menschlichem Befinden, Morbidität und Mortalität statistisch gesichert (Becker 3; Brezowsky 7). Da die biologische Wetterwirksamkeit jedoch nur von geringer Reizstärke ist, lassen sich wetterbedingte Einflüsse beim gesunden Menschen auch nur an schwachen biologischen Funktionsänderungen ablesen (de Rudder 12; Straube u. Scholz 40). Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich durch die Tatsache, daß sich zum Beispiel ein biologisches Ereignis in den Morgenstunden niemals mit Wetterereignissen in Zusammenhang bringen läßt, die sich erst 10 - 20 Stunden später in der Atmosphäre bemerkbar machen. Erst bei langdauernder vergleichender Betrachtung von meteorologischen Ereignissen und klinischen Symptomen konnte rückwirkend die Häufung akuter klinischer Symptome (z.B. Migräne, Angina pectoris- und Asthmaanfälle) in zyklonalen Wetterstunden, vor allem bei Passagen von Warm- und Kaltfronten, statistisch gesichert werden (Becker, 3).

Daraus kann man aber nicht ableiten, daß bestimmte Wettervorgänge mit einem bestimmten Befindens- oder Krankheitszustand gekoppelt sind, da nach de Rudder (12) Wetterstörungen am vegetativen System angreifen und der Gesamtorganismus reagiert.

Die Annahme über die führende Rolle des vegetativen Nervensystems (veg. N.S.) im Mechanismus der Wetterwirkung wird auch durch entwicklungsgeschichtliche Überlegungen von Effenberger (14) gestützt, nach denen das gesamte Nervensystem und die Sinnesorgane aus dem gleichen Keimblatt, dem

Ektoderm, entstehen. Der Tonus des veget. N.S. würde demnach exogen durch die Einwirkung biotroper Wetterreize auf Sinnesorgane, Haut und Schleimhäute beeinflusst.

Die Tonuslage des veg. N.S. wird aber nicht nur durch Umwelteinflüsse (exogen) variiert, sondern auch durch endogene Faktoren wie etwa die genetisch fixierte veget. Steuerung von Körpertemperatur, Wasserhaushalt und Geschlechtsfunktionen mit in Rhythmen ablaufenden hormonellen Zustandsänderungen (z.B. Menses, im weiteren Sinn auch Pubertät u. Klimakterium) sowie anderer "alltäglicher" veget. Leistungen (z.B. Verdauung). (Ganong, 18; Scheidt, 35)

Zusätzlich beeinflusst die Psyche das Vegetativum, und im endogen-exogenen Wechselspiel wieder das Wetter auch über die Psyche den veget. Zustand (Braun, 6; Busse, 9; Mücher, 32). Busse wirft die Frage auf, ob nicht in bestimmten Fällen (Asthmatiker) erst das bewußte oder unbewußte Erleben der Wettervorgänge dazu führt, daß diese ihre somatische Wirksamkeit erlangen.

Eine bestimmte vegetative Reaktionslage ist anscheinend bereits genetisch fixiert und damit auch an die unterschiedliche körperliche Konstitution gekoppelt.

Becker (3) und andere versuchten die vegetative Grundeinstellung gesunder Versuchspersonen zu ermitteln. Danach zeigen Pykniker und Athletiker (nach Kretschmer) eine überwiegend sympathikotone, Leptosome eine mehr vagotone Erregungslage des veget. Systems, wobei es in der Bevölkerungsverteilung nur je etwa 8 - 10 % reine Typen gibt. Die restlichen 80 % sind vegetative Mischtypen mit zeitweiligen Spitzen in Richtung vagoton oder sympathikon. Teilweise übereinstimmende Ergebnisse erzielte Lampert (29) mit seiner Einteilung nach der Reaktionsgeschwindigkeit in langsam und schwach reagierende A-Typen (entsprechend: leptosom/vagoton) und schnell und stark reagierende B-Typen (athletisch-pyknisch/sympathikoton) (2, 3, 11, 24, 30).

Den Einfluß von Wetterreizen auf das Vegetativum wiesen u.a.

Becker (3) und Straube (41) nach, deren Versuche mit Azetylcholin und Adrenalin (Haut, Blutdruck) verstärkte Reaktionen des veg. N.S. während belastender Wetterphasen erbrachte. Warmfronten und Kaltfronten erhöhten den Sympathikotonus, Warmfronten auch den Vagotonus.

Straube, Scholz u.a. (2, 3, 40, 41) fanden bei ihren Versuchen, daß Vagus und Sympathikus grundsätzlich gleichsinnig auf Änderungen der Biosphäre reagieren, wobei zuerst der Vagus und erst Stunden später der Sympathikus anspricht. Straube und Scholz sehen die Vorherrschaft parasymphatischer Steuerungseinflüsse als Grundvoraussetzung für die Funktion des Sympathikus überhaupt an.

Dabei ist das spätere Ansteigen des Sympathikotonus nicht als echter Antagonismus, sondern als "Nebeneinander und Miteinander" (W.R. Hess, zitiert b. 40) zu verstehen.

In letzter Zeit hat man sich von der klinisch-anatomischen Betrachtungsweise der vegetativen Reaktionen mehr der physiologischen Auffassung zugewandt, die die unterschiedliche Funktion der beiden vegetativen Anteile als gemeinsam notwendige Aktion sieht. Dabei steigert der sympathische Anteil die Leistungsbereitschaft der auf die Umwelt wirkenden Körperfunktionen (ergotrop), während der parasymphatische Anteil als das der Erhaltung und Erholung dienende trophotrope System anzusehen ist (8, 18).

Die bisher geschilderten Arbeiten haben sich vorwiegend statistisch mit einer Analyse des natürlichen Wetters in seinen Auswirkungen auf das Vegetativum beschäftigt. Als Nachteil der statistischen Methode der Medizinmeteorologie sind die Nichtsteuerbarkeit des Wetters und die Untrennbarkeit der Einzelkomponenten anzusehen. Stets beeinflussen die "Akkordwirkungen" des Wetters (Linke, zitiert b. 3) die zu untersuchenden Parameter.

Einzelkomponenten des Wetters, wie Temperatur, Feuchte, Luftdruck, elektrische Ladung u.a. spielen jedoch für den Ablauf biologischer Geschehnisse eine bedeutungsvolle, oft sogar entscheidende Rolle. Nach Dirnagl (13) kann auch im Experiment über steuerbare Klimafaktoren ein künstliches "Klima" erzeugt werden, wobei die Auswirkungen einzelner ausgesuchter Klimakomponenten auf den menschlichen Organismus untersucht werden können.

3. Problemstellung

In dem vorliegenden Langzeitklimakammerversuch haben wir den Einfluß von Änderungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf verschiedene psychophysische Funktionen dreier gesunder Versuchspersonen beobachtet, wobei in dieser Arbeit

Farbwahlverhalten

Farberinnerungsvermögen

Flimmerverschmelzungsfrequenz

Lidschlagfrequenz

Corneale Schmerzempfindung

Muskelkoordinationsfähigkeit

untersucht wurden.

Im Gegensatz zu den vorangegangenen zwei Klimakammerversuchen (KK 1 und 2), bei denen während der 28 Versuchstage in der Klimakammer selbst Temperatur und Feuchte geändert und das Verhalten biologischer Parameter auf diese Änderungen untersucht wurden (die Verhältnisse entsprachen also "normalem", aber "gesteuertem Wetter"), herrschte beim KK 3 in der Klimakammer gewissermaßen ein "konstantes Schönwetter". Gezielten Änderungen von Temperatur und Feuchte waren die Versuchspersonen (VPn) nur zweimal am Tag kurzfristig außerhalb der Klimakammer ausgesetzt. Wir gingen dabei von

der Überlegung aus, daß viele Menschen durch den überwiegenden Aufenthalt in geschlossenen, häufig klimatisierten Räumen mit relativ konstanten Bedingungen (wie z.B. in Krankenhäusern und auch in Wohnungen) nur noch selten und kurzfristig extremen Wetterschwankungen ausgesetzt sind und dennoch Reaktionen auf Wetteränderungen erkennen lassen.

Unsere daraus resultierende Hauptfragestellung:

"Haben kurzfristige Änderungen von Temperatur und Feuchte überhaupt einen meßbaren Einfluß auf den Organismus?"

versuchten wir in folgender Versuchsfragestellung zu beantworten.

1. Weisen die von uns untersuchten psychophysischen Funktionen diurnale Schwankungen auf? Wenn ja,
2. Ist dieser circadiane Rhythmus durch gezielte Änderungen von Temperatur und Feuchte zu beeinflussen?
3. Sind unsere neuen Versuchsanordnungen aussagekräftig genug, um in weiteren Klimakammerversuchen verwendet werden zu können?

4. Material und Methode

Die Versuche wurden nach mehrmonatigen Vorbereitungen in der Zeit vom 8. März bis 5. April 1973 durchgeführt. Versuchspersonen waren drei gesunde, etwa 23 Jahre alte Medizinstudenten von unterschiedlicher körperlicher Konstitution.

Sie hielten sich insgesamt 28 Tage ständig in der Klimakammer auf und unterzogen sich dabei einer Vielzahl von Messungen der Kreislauf-, Stoffwechsel-, und Lungenfunktion, sowie Körpertemperatur und der hier besprochenen psychophysischen Untersuchungen. Der Verfasser und ein fünfter Versuchsteilnehmer waren als Versuchsleiter für die genaue

Einhaltung des ausgeklügelten Zeitplanes, für die Überwachung der Messungen, Bedienung der Meßinstrumente und für Eingriffe bei Störungen vom benachbarten Kontrollraum aus verantwortlich.

4.1. Der Bioklimaraum

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Bioklimaraum und seinen Nebenräumen des Instituts für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München durchgeführt. Der Raum wurde gebaut, um aus dem komplexen Wettergeschehen einzelne biotrope Faktoren herausgreifen und ihren Einfluß auf den menschlichen Organismus untersuchen zu können. Dieser Konzeption entsprechend lassen sich folgende klimatische Faktoren unabhängig voneinander im natürlichen, in unseren gemäßigten Breiten vorkommenden Bereich nachahmen:

Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, sowie die Lichtintensität und die Strahlungswärme der Wände.

Die besondere Bauweise der Klimakammer schließt zudem eine Beeinflussung durch Luftelektrizität, Ionisation und Luftzusammensetzung (z.B. Aerosole) aus.



Abb. 1

Bau- und Einrichtungsplan des Bioklimaraumes:

- A = Außenwand
- B = Bad
- F = Fenster zum Überwachungsraum
- IF = Institutsflur
- K = Kamine (Luftaustausch)
- L = Liege
- Mp = Meßtisch Psychometrie
- S = Stuhl
- T = Tisch (Eß- und Arbeitstisch)

Der Klimaraum hat eine Grundfläche von 3,30 x 4,50 m und eine lichte Höhe von 3 m. Er ist von außen nur durch eine Schleuse zugänglich. Da der Klimaraum als Faraday'scher Käfig mit einer Gitterweite von etwa 3 cm gebaut ist, werden elektromagnetische Strahlungen mit einem Wellenbereich von 30 - 1000 m abgeschirmt. Zusätzlich bestehen Wände und Decken aus Aluminium.

Die Tagesbeleuchtung erfolgt durch Xenondampflampenstrahler, die in drei Fensterattrappen montiert sind und den subjektiv angenehmen Eindruck erwecken, als schiene "draußen" die Sonne. Die Helligkeit dieser Lampen konnte von außen stufenlos geregelt werden, wurde aber im allgemeinen konstant gehalten. Nach dem Abendessen wurde auf normale Zimmerbeleuchtung geschaltet. Mit Rücksicht darauf, daß der Raum 28 Tage lang 3 Personen als Arbeits-, Wohn- und Schlafräum dienen sollte, war seine Einrichtung recht wohnlich gestaltet. Für Zerstreuung und Kontakt mit der Außenwelt sorgten Zeitungen und Bücher, sowie Telefon, Rundfunk, Tonband und Fernsehgerät. Die sanitären Anlagen sind von der Klimaschleuse aus zugänglich.

Mit dem Bioklimaraum ist durch eine Kabelschleuse und ein kleines Doppelfenster ein Meßraum verbunden, die sog. Physiolog. Diagnostik, in dem ein Teil der Versuchsergebnisse auf Schreibern registriert wurde.

In Abwandlung der vorhergehenden Klimakammerversuche hielten sich die Versuchspersonen jeweils 1 Stunde, zwischen Meßtermin 1 und 2, zum Duschen und Frühstücken und 1 Stunde nach Meßtermin 5 zum Abendessen in der Physiolog. Diagnostik auf. Dort waren sie auch den Klimareizen ausgesetzt.

Für die hier diskutierten psychometrischen Untersuchungen wurde eine Nische des Bioklimaraumes durch einen schwarzen, dicken Vorhang (zur Geräusch- und Lichtdämpfung) abgeteilt. Die Grundfläche des Raumes betrug etwa $3,5 \text{ m}^2$, die Höhe 3 m.

Auf einem Tisch waren die Geräte für den Farbwahl-, Farberinnerungs- und Flimmerverschmelztest aufgebaut.

An der Stirnwand hatten wir die Zielfläche für den Muskelkoordinationstest befestigt.

4.2. Versuchsablauf:

Jeder Versuchstag war in 5 Versuchsblöcke gegliedert, die sich in eine Arbeitsphase, genannt Meßtermin oder Turn, und eine Ruhephase teilten.

6.50	Wecken
7.00 - 8.30	Turn 1
8.30 - 9.30	Frühstück, 1. Klimaexposition
9.30 - 11.00	Turn 2
11.00 - 12.30	Mittagessen, Ruhepause
12.30 - 14.00	Turn 3
14.00 - 14.30	Dessert, Ruhepause
14.30 - 16.00	Turn 4
16.00 - 17.00	Tee, Ruhepause
17.00 - 18.30	Turn 5
18.30 - 19.30	Abendessen, 2. Klimaexposition
19.30 - 22.30	Freizeit
22.30	Nachtruhe

(Frühstück und Abendessen in der Physiolog. Diagnostik, Mittagessen, Dessert, Tee und Schlaf im Bioklimaraum.)

Dieser Versuchsablauf wurde über alle 28 Versuchstage genau eingehalten.

4.3. Klimareize in der Physiologischen Diagnostik

Aus den eingangs erwähnten Gründen sollten auf die Versuchspersonen an jedem Tag möglichst genau definierte Klimareize (oder keine) einwirken.

Wir hatten die Möglichkeit, 2 Klimaparameter zu steuern:

1. Die Temperatur
2. Die Luftfeuchtigkeit

Wie aus dem beiliegenden Schema ersichtlich, wurden die Klimareize in Form von Warm-, Kalt-, Feucht- und Trockenreizen, sowie aus Kombinationen dieser 4 Parameter eingesetzt. (s. Abb. 2)

Die Probanden spürten die Klimareize natürlich nur über Änderungen der Temperatur (gleich Wärme oder Kälte) oder der Luftfeuchtigkeit (schwül oder trocken), Zeitpunkt und Art der Klimareize waren ihnen im voraus nicht bekannt.

Die Größe der Klimareize muß in Relation zu den Verhältnissen in der Klimakammer gesehen werden, in der stets eine Behaglichkeitstemperatur von

20,5 °C und 60 % Rel. Luftfeuchtigkeit

herrschten.

Als Warmreize sind definiert Temperaturen im Bereich von mehr als 25 °C, als Kaltreize Temperaturen unter 16 °C, als feucht werden Tage mit einer Taupunktsdifferenz unter 3, als trocken von mehr als 5 bezeichnet.

Nach diesen Kriterien wurden die als "Klimatage" bezeichneten Versuchstage ausgewählt.

Die "Nichtklimatage" entsprechen in ihren klimatischen Bedingungen denen in der Klimakammer.

Dabei wurde in der späteren Auswertung keine Rücksicht darauf genommen, ob Klimatage mit überwiegend feuchtem, trockenem, kaltem oder warmen Klima vorlagen, da sich bei Proberechnungen gezeigt hatte (Vergleiche Abb. 3 und 11 A), daß die geringgradigen Schwankungen der Empfindlichkeit der Versuchspersonen auf die unterschiedlichen Einzelreize keinen signifikanten Unterschied zur "Gesamtklimakurve" zeigten.

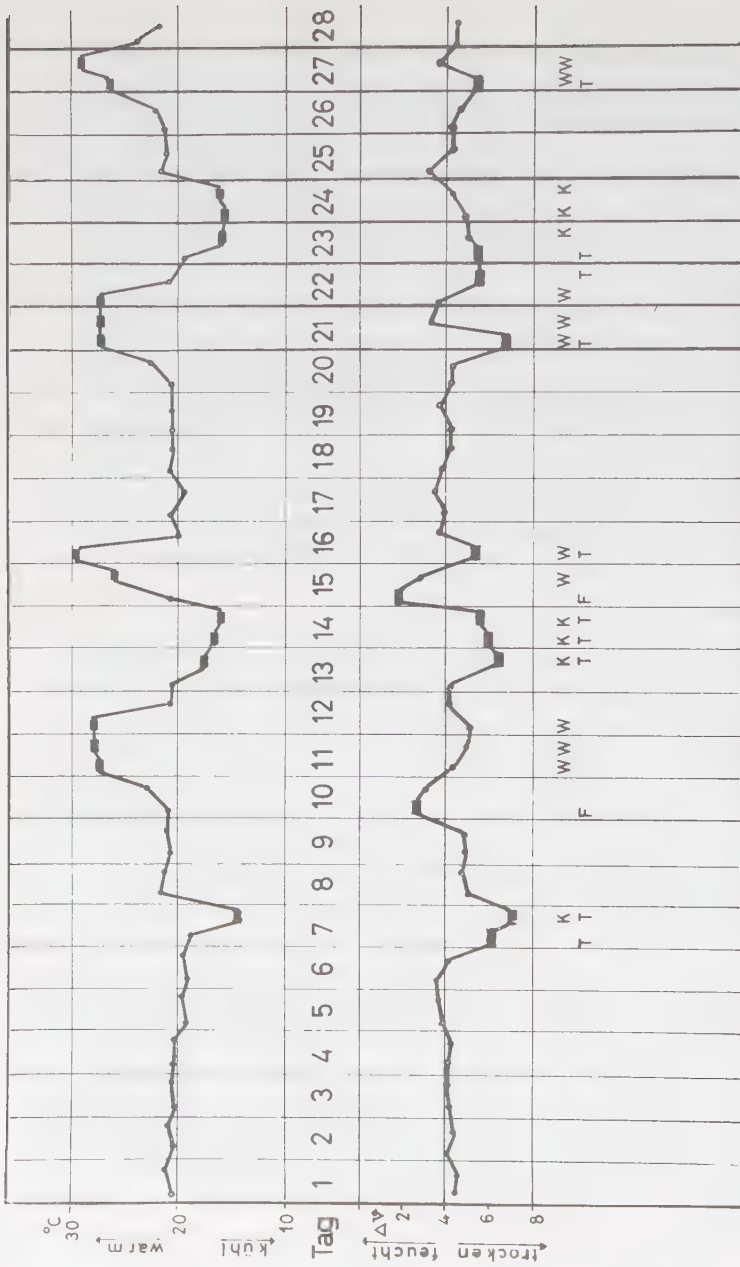


Abb. 2: Obere Verlaufskurve: Temperaturverlauf über 28 Versuchstage (+ 10 bis + 30° C)
 Untere Verlaufskurve: Luftfeuchtigkeitsverlauf über 28 Versuchstage
 (Taupunktdifferenz Δp)

K = Kaltreiz, W = Warmreiz, F = Feuchtreiz, T = Trockenreiz

Außerdem wurde durch diese Einzelbetrachtung nach Art des jeweiligen Reizes (feucht, kalt usw.) die Anzahl der Klimatage auf jeweils 2 - 3 Tage reduziert, so daß bei der ohnehin schon kurzen Versuchsdauer im Vergleich zu den Nichtklimatagen keine signifikanten Ergebnisse mehr zu erwarten waren und auch nicht auftraten.

Unser Ziel war es eher, festzustellen, ob Klimareize (gleich Kombination aus Änderung von Temperatur und Feuchte) überhaupt einen Einfluß auf die von uns untersuchten Parameter haben.

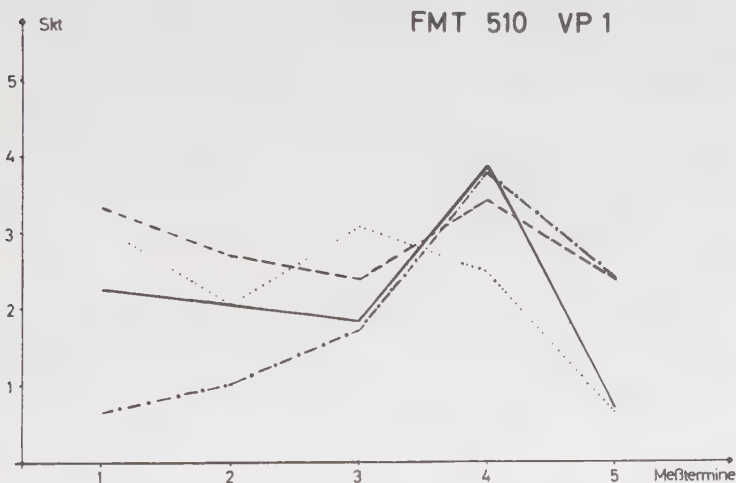


Abb. 3 Farbmischtest FMT 510 VP 1 (Tage mit Klimareiz)
Aufgliederung der Farbwahl der VP 1 nach Tagen mit:

————— Warmreiz (6 Tage)
 -.-.-.- Kaltreiz (2 Tage)
 Feuchtreiz (2 Tage)
 ----- Trockenreiz (2 Tage)

Aus dieser Darstellung im Vergleich zur sonst geübten Art (Summierung aller Klimareiztage ohne Berücksichtigung der

Art des Reizes. Vergleiche Abb. 11, A) ergibt sich, daß anscheinend die Kalt-, Warm- und Trockenreize einen gleichartigen Einfluß auf das Farbwahlverhalten dieser Versuchsperson haben. Da dieses in ähnlicher Weise auch auf die anderen VPn zutrifft, werden die 4 Parameter als ein Klimareiz unter Vernachlässigung des teilweise abweichenden Verhaltens unter Feuchtreiz untersucht.

4.4. Auswertung der Meßergebnisse

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse und Schaubilder unserer Versuche hier noch eine kurze Beschreibung der Methode, mit der wir unsere Enddaten erhielten:

- A. Wir erhielten beim Farbwahl- und Farberinnerungstest, Flimmerverschmelztest und Muskelkoordinationstest an jedem Meßtermin von jedem Probanden drei Einzelwerte. Also pro Tag und Proband bei 5 Meßterminen jeweils 15 Einzelwerte.
- B. Abweichend davon erhielten wir beim Lidschlagfrequenztest und beim Test der Cornealen Schmerzempfindlichkeit pro Meßtermin und Proband nur 1 Einzelwert, am Tag also jeweils 5.

Zu A.:

Zur Bearbeitung der jeweils 3 Einzeldaten benutzten wir ein Bibliotheksprogramm (BMDO 1 D) und eigene Sortierprogramme, die dem Großrechner des Leibnitz Rechenzentrums der TU München eingegeben wurden.

Als Arbeitsdaten erhielten wir:

1. Die Mittelwerte aus den jeweils 3 Einzelwerten (diese Mittelwerte entsprechen beim LSF und CSE den Ausgangsdaten).

2. Die Endmittelwerte aus der Summation der Mittelwerte (Punkt 1) aller gleichen Meßtermine, getrennt nach Tagen mit und ohne Klimareiz, sowie in verschiedenen anderen Kombinationen.

(Vorgang: Summiert wurden die Einzelmittelwerte des Meßtermines 1, z.B. von Tag 1 - 10, dann die Einzelmittelwerte von Meßtermin 2 usw.)

3. Die Standardabweichung der Endmittelwerte
4. Den mittleren Fehler dieser Endmittelwerte

(Der mittlere Fehler wurde später zur Berechnung der Signifikanz herangezogen.)

Methode der Signifikanzprüfungen:

Student - T - Test

(mit Signifikanzschranken der Student - Verteilungs - Tabellen, Geigy, 7. Auflage S. 32)

Bereich: $P = 0,05 = x$ = schwach signifikant

$P = 0,01 = xx$ = stark signifikant

$P = 0,001 = xxx$ = hoch signifikant

Signifikante Werte sind graphisch zum jeweiligen Meßtermin in die Schaubilder als mittlerer Fehler des Mittelwertes eingezeichnet.

5. Der Farbtest

5.1. Vorbemerkungen zum Farbwahl- und Farberinnerungstest

In der Farbpsychologie werden bereits seit geraumer Zeit Farbttests verwendet, bei denen Probanden aus einer Anzahl Farben die Farbe ihrer größten Sympathie oder Abneigung auswählen. Zwischen Farbwahl und Affektivität bestehen gesicherte enge Beziehungen, die bei psychogenen Erkrankungen die Diagnose- und Prognosestellung vereinfachen.

Zudem besteht eine Korrelation zwischen Wahl und Ablehnung bestimmter Farben bei bestimmten Krankheitssituationen sowie auch vegetativen Funktionszuständen (Busch, 8; Heiss, 23).

Dem liegt die physiologische Erkenntnis zugrunde, daß das System Auge - Sehnerv nicht nur sensorische (Starkiewicz, 39), sondern auch vegetative Überträgerfunktionen zum Zwischenhirn hat (Hollwich, 25; Gregory, 20), die anatomisch durch entsprechende Substrate in der Sehbahn und in der Retina, embryologisch durch die Tatsache, daß der Augenbecher des menschlichen Embryo primär eine Bildung des Stammhirns ist (vegetative Zentren!), zu sichern sind.

Schwankungen des Lichteinfalls in das Auge bewirken somit Änderungen vegetativer Funktionen (Hollwich, 25; Radnot, 33) und zeigen eine Abhängigkeit vom Tages- und Jahreszeitlichen Rhythmus des Lichtes (Hollwich, 25; Frieling, 17), wobei Intensität und Wellenlänge, und damit auch die Änderung des Farbspektrums in der Umwelt, eine entscheidende Rolle spielen.

Die Farbgebung eines warmen, bunten Sommertages oder eines kalten, grauen Wintertages, die Vielzahl der täglichen oder jährlichen Farbwechsel sind sicherlich im Laufe der Stammes- und Individualentwicklung des menschlichen Organismus nicht ohne Einfluß auf die Wechselbeziehung Umweltfarbe - inneres Milieu geblieben.

So konnten denn auch Frieling, 17, Krawkow, 29, Wohlfarth, 44, Goldstein, 19 den Einfluß von Farbreizen auf das Vegetativum nachweisen. Danach wirkt z.B. ein dunkelblauer Farbreiz dämpfend auf Atmung, Puls und Blutdruck, also vagoton-trophotrop (ähnlich auch ein grüner Reiz, obwohl hier mehr ein vegetativ ausgleichendes Element überwiegen soll). Ein hellgelber (oder auch gelbroter) Reiz wirkt dagegen sympathikoton-ergotrop, also z.B. blutdrucksteigend.

Einen ähnlichen Effekt konnten Busch, 8 u.a. beim Vergleich des Lüschartest (15, 28, 36, 43) mit klinischen Parametern darstellen. Demnach hat der dunkelblau Wählende den Wunsch nach vagotoner, der gelb Wählende den Wunsch nach sympathikotoner Funktionslage.

Somit scheinen zu gewissen Farben der Umgebung nicht nur bestimmte vegetative Situationen, sondern zu bestimmten Momenten des Vegetativums auch erlernte Farbvorstellungen (-wahlen) zu gehören. Nach diesen Vorstellungen müßte es einen Tagesgang der Farbwünsche geben, welcher mit bekannten diurnalen Funktionen korreliert und eventuelle Änderungen der vegetativen Tonuslage anzeigt.

Wir haben daher im KK 3 untersucht, ob die Farbwahl unserer Versuchspersonen im Laufe der Wachperiode:

1. gewisse diurnale und auch mehrtägige Schwankungen aufwies
2. ob sich das Farbwahlverhalten der VPn durch gezielt gesetzte Klimareize in irgendeiner Form änderte.

5.2. Methodik

Die Untersuchung erfolgte mit einem von uns entwickelten Farbmischgerät, welches nach dem Prinzip der Ulbrichtkugel arbeitete.

Auf einem Objektträger waren 8 verschiedene Farbfolien (s. Abb. 4) vom Rotbereich über Grün- und Blaubereich dem Farbspektrum entsprechend angeordnet. Durch Drehen einer Rändelschraube konnte der Proband den Objektträger horizontal verschieben und somit außer den Grundfarben auch Zwischenfarben stufenlos einstellen. Die eingestellte Farbe entsprach einem genau definierten Skalenteil einer Meßuhr. Der Wahlbereich lag bei 5,0 Skalenteilen (Skt) bzw. Farbtönen.

(Rotbereich von 0 - 1,5, Grünbereich von 1,5 - 3,5, Blaubeereich von 3,5 - 5,0 Skt.)

Als Beleuchtungsquelle verwendeten wir eine 12 V 36 W Halogenlampe unterhalb des Objektträgers. Der Proband konnte die eingestellte Farbe nur über ein 2 x 3 cm großes Fenster in der Äquatorebene der Kugel sehen.

Um für bestimmte Skalenteile (gleich Farbwerte) genau definierte und reproduzierbare Meßwerte zu erhalten, haben wir die im Fenster entstehenden Farben im Institut für Medizinische Optik der Universität München mittels eines Computergesteuerten Farbmeßgerätes ausgemessen, welches die zu prüfenden Farben optisch mit dem Spektrum einer DIN - Prüflampe (Eichlampenspektrum: Normlicht A) verglich.

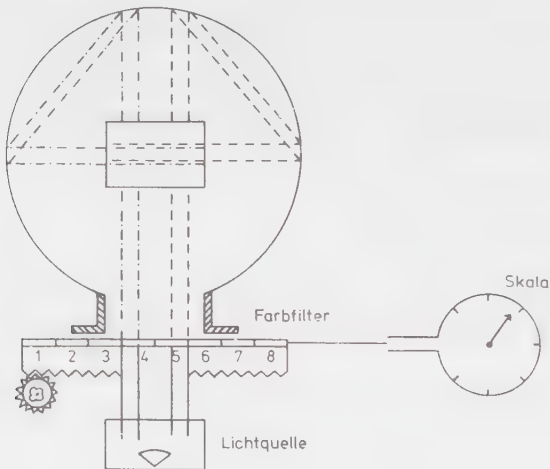


Abb. 4: Skizze des Farbwahlgerätes
(Erläuterungen s. Text)

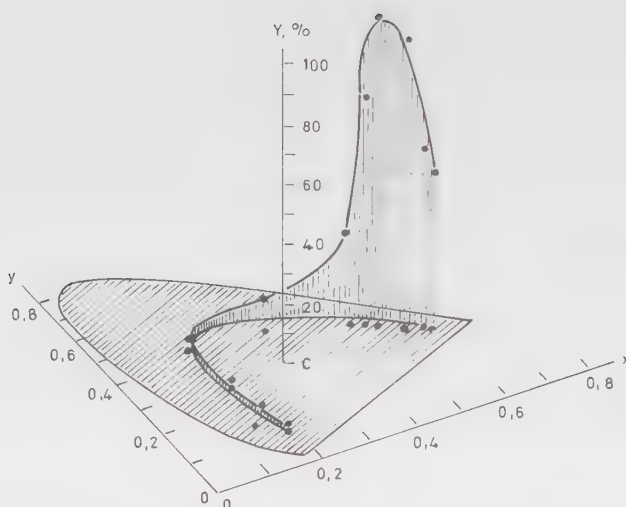
Für unsere Untersuchungen wurden 11 das gesamte Versuchsspektrum erfassende Farbpunkte ausgewählt, deren gemessene

Farborte auf der DIN-Normfarbtafel nach international gültigen Bedingungen festgelegt sind.

Wegen der unterschiedlichen Helligkeit der verschiedenen Farben und aus Gründen der Reproduzierbarkeit bestimmten wir zu den ausgewählten Farborten zusätzlich mittels eines Pritchard-Photometers die entsprechende Lichtintensität. (s. Tabelle 1 und Abb. 5)

Tabelle 1:

Skt		Farbort (x/y)		Y % = Intensität (cd/m ²)	
000		0,64	0,35	53	75,7
050	Rotbereich	0,635	0,36	60	85,3
100		0,59	0,39	96	137,0
150		0,56	0,42	100	143,0
200		0,54	0,44	77	109,7
250	Grünbereich	0,51	0,46	30	43,0
300		0,35	0,52	5	7,5
350		0,20	0,55	4	6,2
400	Blaubereich	0,21	0,37	3	4,1
450		0,19	0,23	2	2,6
500		0,23	0,19	1	2,0



Erläuterung der Abb. 5 (variiert nach Normfarbtafel)

x, y = Farbartkoordinaten (CIE-Maßzahlen, enthalten die DIN-Farbmaßzahlen, entsprechend Farbton und Farbsättigung). Die parabelartige Figur (im horizontal schraffierten Feld) wird durch die unsere Farborte verbindende Linie annähernd gleicher Sättigungsstufen gebildet.

Y = Helligkeit (%). Die Verbindungslinie der zum jeweiligen Farbort gehörenden Helligkeitspunkte bildet die vertikal schraffierte Figur.

C = Farbort der Bezugslichtquelle (Normlicht A) (Lit. b. Wyszecki, 45)

5.3. Versuchsablauf:

FMT 510

Die Probanden waren angehalten, sich in Augenhöhe des Fensters vor das Farbmischgerät zu setzen, die Skala bei jeder Farbwahl erst auf Null zu stellen und sich zu jedem Meßter-

min je 3 mal (5 Meßtermine x 3 Einstellungen = 15 Meßwerte) die für sie angenehmste Farbe einzustellen und die entsprechenden Werte auf ein vorbereitetes Skalenblatt zu übertragen.

FET 515

Zum Schluß jeder dreimaligen Farbwahl eines Turns mußte die VP eine Grünfarbe einstellen, die ihr einmal am Versuchsbeginn für eine Minute gezeigt worden war.

Wir erwarteten, daß die VPn einen Fehler in Richtung der momentanen Farbwahl machten.

(Ein Beispiel: Wenn die VPn Rot gewählt hatten, hätten sie im FET einen Fehler aus dem Grünbereich in Richtung Rot machen müssen.)

5.4. Ergebnisse

5.4.1. Ergebnisse des FMT 510

Die Meßwerte aller Versuchstage wurden in beschriebener Form (s. 4.4) ausgewertet und zur besseren Anschaulichkeit graphisch dargestellt.

Betrachtung der mehrtägigen Farbwahl:

Um einen Überblick über das mehrtägige Farbwahlverhalten der Probanden zu erhalten, wurde der 1. Meßtermin jedes Tages (also die morgendliche Farbwahl zwischen 7.00 und 8.00) herausgegriffen und in ein Schaubild über alle 28 Versuchstage übertragen. (s. Abb. 6 - 8.) Die Wahl des 1. Meßtermins wird in der Diskussion erläutert. Auf die Darstellung der Schaubilder, in denen die Meßtermine 2 - 5 in gleicher Weise aufgetragen wurden, haben wir aus technischen Gründen verzichtet. Zudem sind diese Darstellungen für unsere Arbeit ohne Bedeutung.

Das mehrtägige Farbwahlverhalten der 3 VPn ist

1. untereinander zum jeweiligen Meßtermin bis auf Tag 4, 10, 20 und 24 nicht einheitlich und ist
2. gegenüber der Farbwahl der vorhergehenden Versuchstage im allgemeinen sehr inkonstant.

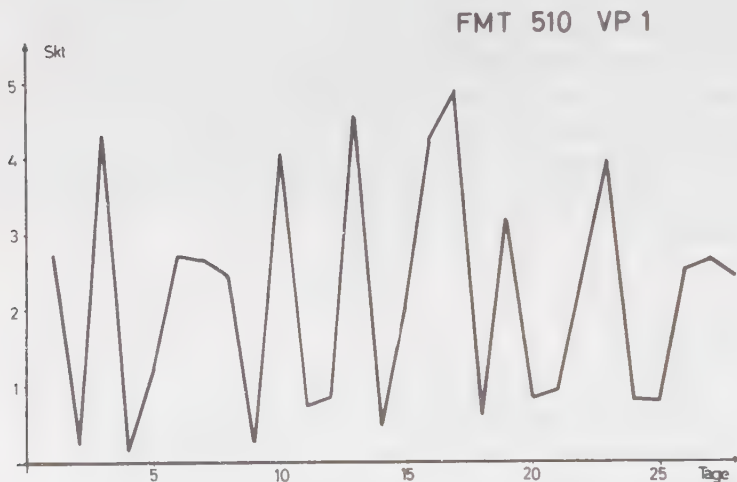


Abb. 6 FMT 510 VP 1

Erläuterung zu Abb. 6 - 8:

Die vorliegenden 3 Kurven zeigen die Meßergebnisse des Farbmischtestes der 3 Versuchspersonen. Auf der x-Achse ist der Farbwahlbereich rot bis blau (0 - 5 Skt) aufgetragen. Für jeden Tag wurde der Mittelwert des 1. Meßtermins eingetragen. Die Verbindung dieser Punkte ergibt die drei vorliegenden Darstellungen.

Abweichend davon zeigt vor allem VP 2 (Abb. 7) vom 8. - 14. und 15. - 19. Versuchstag ein sehr gleichmäßiges Farbwahlverhalten (Farbwahl stets im Blaubereich). Andererseits ist gerade diese VP sehr extrem in ihrem Farbwechsel, da sie bis auf diese genannte Periode täglich zwischen dem Rot-

gelb- und Blaubereich schwankt. Eine Farbwahl im mittleren Bereich (Grün) kommt praktisch nicht vor. Eine gewisse Regelmäßigkeit läßt angedeutet noch VP 3 (Abb. 8) erkennen, bei der sich innerhalb von 4 - 6 Tagen im 24-Std.-Rhythmus die Farbwahl von Rotgelb bis zu einem steilen Blaugipfel "aufschauelt", um dann wieder zum Rotbereich abzufallen. Diese Periodik tritt insgesamt 4 mal auf (Tag 4 - 10, 11 - 15, 16 - 20, 22 - 26).

Bei VP 1 scheint dagegen die Farbwahl völlig regellos, obwohl ab dem 10. Tag ein regelmäßiger täglicher Wechsel zwischen Rotgelb und Blau auftritt, der jedoch immer wieder durch Grünphasen unterbrochen wird.

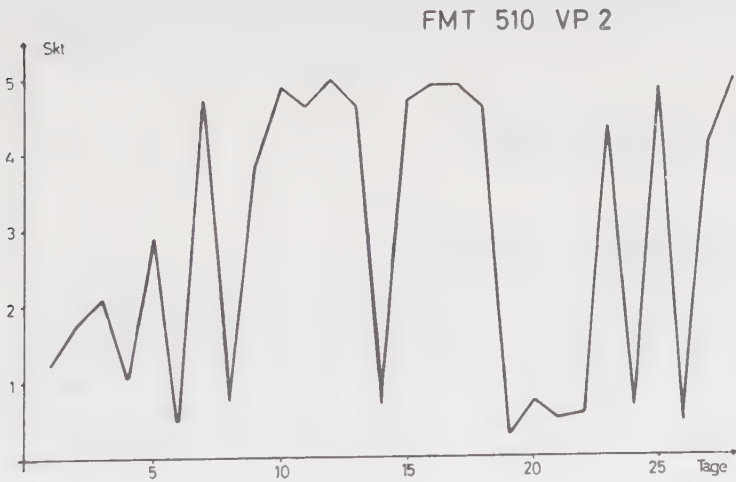


Abb. 7

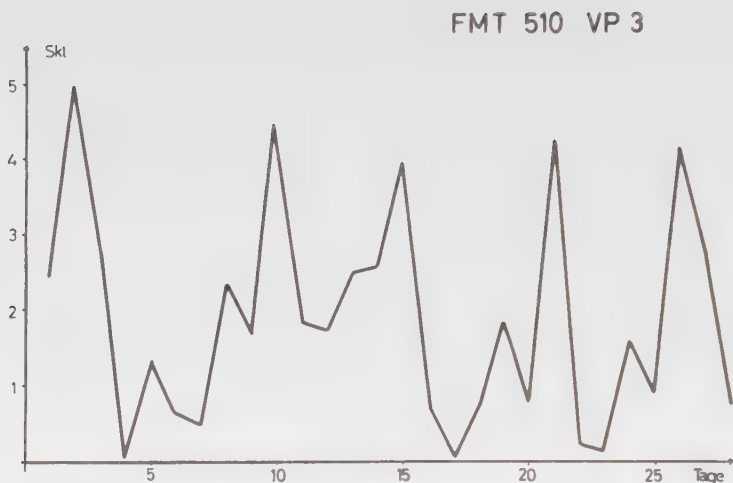


Abb. 8 Legende s. Abb. 6

Betrachtung der Tagesschwankung:

Zur Untersuchung der diurnalen Schwankungen der Farbwahl werden die ermittelten Farbwerte in beschriebener Weise (s. 4.4) aufgearbeitet und getrennt nach Klimareiz- und Nichtklimatagen in Schaubilder übertragen. Wie aus dem Vergleich mit Abb. 6 - 8 hervorgeht, wird eine Summierung verschiedener Extremwerte, z.B. Rotfarbe, gleich 0 Skt, und Blaufarbe, gleich 5 Skt, stets einen Mittelwert, 2,5 Skt, nämlich Grün erbringen. (Vergleiche auch Abb. 9)

An dieser besonders augenfälligen Stelle müssen wir auf den Umstand aufmerksam machen, daß die an unserem Gerät abgelesenen Werte für die Stellung des Filterschlittens zwar im physikalischen Sinn eine Ordinalskala darstellen, nicht

aber ohne weiteres in ihrer psychischen Bedeutung und Wertung. So stellt z.B. ein bestimmtes Rot das langwellige, ein bestimmtes Blauviolett das kurzwellige Ende unserer Farbskala dar, während man im psychologischen Sinn die Farben nicht in ein System mit Anfang und Ende einordnen kann.

In dieser Arbeit haben wir unsere Daten in unmittelbarer Verwendung der Schlittenstellung im Sinn einer physikalisch auf spektrale Schwerpunkte umrechenbaren Ordinalskala ausgewertet. Eine andere Arbeit des Instituts untersuchte die gleichen Daten durch Einteilung des Spektralbereiches in 3 nach dem Farbeindruck benannten und abgegrenzten Qualitäten im Sinn einer Nominalskala (Magyarosy, 13 a).

Die Verwendung einer Ordinalskala hat sich jedoch für diese als Vorstudie gedachte Arbeit als völlig ausreichend erwiesen, wie sich später zeigen wird.

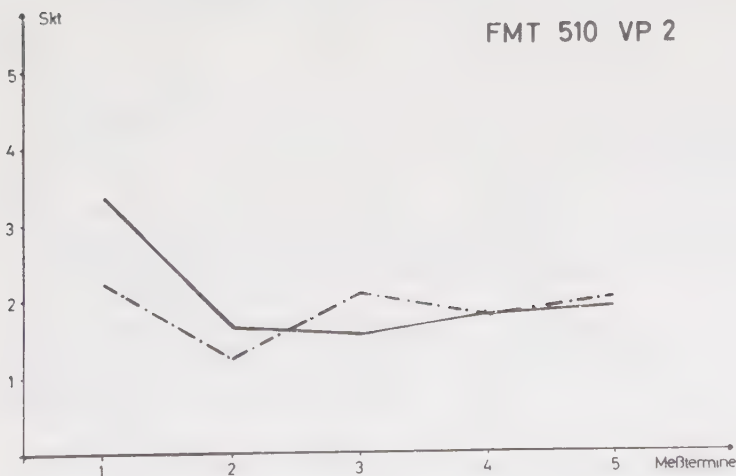


Abb. 9 FMT 510 VP 2

— A - Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)
 -.-.- B - Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (13 Tage)

Betrachtet man nun ausschließlich die Tage ohne Klimareiz (Kurven B), so zeigt sich die erwartete Einförmigkeit ohne große augenfällige Tagesschwankungen, so daß sich die Probanden, durch den Additionseffekt bedingt, stets nur im Grünbereich aufzuhalten scheinen.

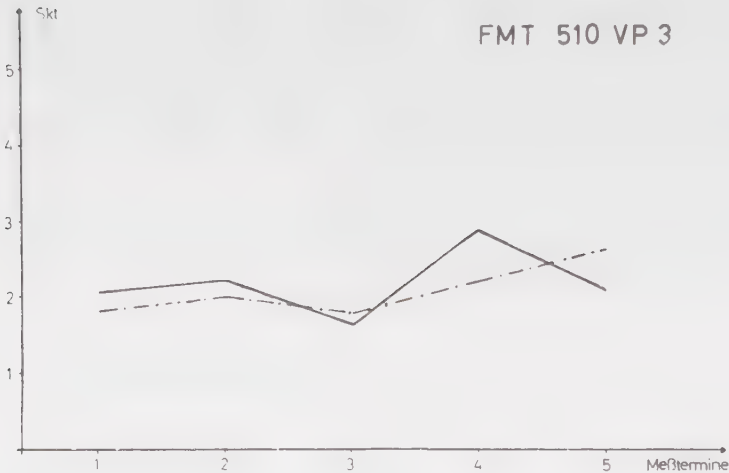


Abb. 10 FMT 510 VP 3

Farbwahl der VP 3 getrennt in Tage mit und ohne Klimareiz.

— A-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

.-.-.- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (13 Tage)

Somit kann eigentlich nur von Tendenzen der Farbwahl gesprochen werden, die durch die Neigung der Strecke zwischen zwei Meßterminen ausgedrückt werden. Die Stärke dieser Tendenz zeigt sich in der Höhe der Gipfel (gleich Abschnitt auf der Farbachse) im jeweiligen Meßtermin. Auch bei Einbeziehung der Tage mit Klimareiz (A-Kurven) in die Betrachtung zeigen sich nur zum Teil ausgeprägtere Gipfel in Rich-

tung der Extrembereiche (Rot und Blau). Die Verlaufs- und Farbwechselunterschiede zwischen A und B sind nicht signifikant (Abb. 9 u. 10).

Nur der deutliche Gipfel im Blaubereich am Meßtermin 4 der VP 1 zeigt gegenüber der Farbwahl ohne Klimareiz (im Grünbereich) einen deutlichen, stark signifikanten Unterschied im Farbwahlverhalten.

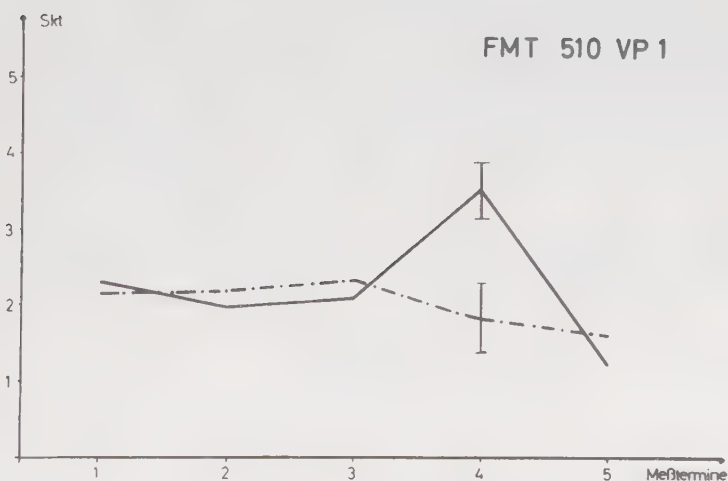


Abb. 11 FMT 510 VP 1

Darstellung der Farbwahl der VP 1 getrennt nach Tagen mit und ohne Klimareiz.

— A = Tage mit Klimareiz (12 Tage)
 .-.-.- B = Tage ohne Klimareiz (13 Tage)
 |—| = Mittlerer Fehler des Mittelwertes

(stark signifikant nach Student-t-Test $2,0 = 0,01$)

Weitere Aufgliederung der Farbwahl:

Da dem Farbwahlverhalten jeder VP wie beschrieben ein bestimmter Tonus des vegetativen Nervensystems zugeschrieben werden kann, erschien es uns einleuchtend, das Farbwahlver-

halten der VPn bei Tagesbeginn zu untersuchen.

Wir griffen dazu wieder den ersten Meßtermin heraus und unterstellten, daß dieser Versuchstag je nach Farbwahl in einem ergotropen (gleich Rot/Gelb), Indifferenz (gleich Grün) oder trophotropen (gleich Blau) Zustand des vegetativen Nervensystems begonnen wurde.

(Für VP 2 und 3 wurden in dieser Arbeit aus Platzgründen nur die Ergebnisse abgebildet, bei denen die Trennung nach Tagesbeginn von Rot - Blau deutlich andere Ergebnisse als die bisher gezeigten ergaben.

Der Auswahlmodus und die Ergebnisse scheinen uns ausreichend am Beispiel von VP 1 dargestellt zu sein.)

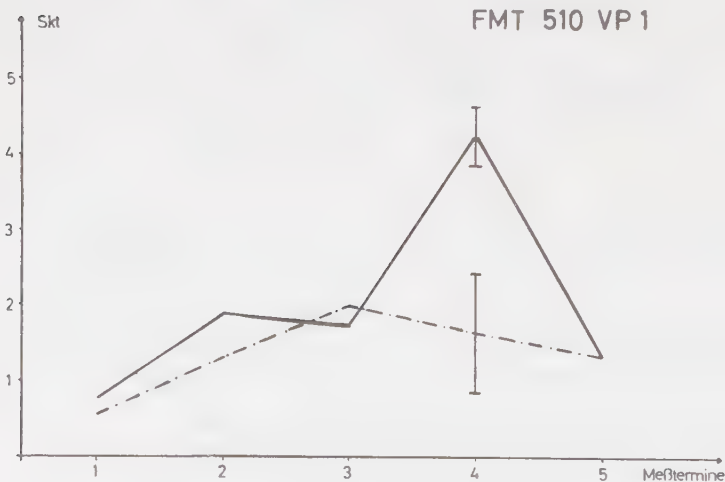


Abb. 12 FMT 510 VP 1

Weitere Aufgliederung des Farbwahltestes der VP 1 mit Beginn in Rotgelb (Skalenbereich 0 - 1,5 Skt)

- A = mit Klimareiz (5 Tage)
 - - - B = ohne Klimareiz (6 Tage)
 — = Mittlerer Fehler des Mittelwertes

Zu VP 1:

Bei dieser Auswahlmethode bleibt der Unterschied zwischen Klimareiz- und nicht Klimatagen am Meßtermin 4 deutlich bestehen (s. Abb. 12 und 13).

Der Gipfel von A im Blaubereich wird sogar noch höher (B liegt im Grünbereich), der Unterschied ist stark signifikant bei Beginn im Rotgelb (Abb. 12) und schwach signifikant bei Beginn des Tages im Grün (Abb. 13).

Die Abb. 13 weist zudem stark gegensätzliche Schwankungen der beiden Tagesverläufe auf.

Bei Beginn im Blau zeigen sich keine besonderen Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz. Beide Kurven sinken vom morgendlichen Blaubeginn zur abendlichen Grünwahl relativ gleichförmig ab.

Klimareize scheinen bei VP 1 an Tagen mit Beginn in überwiegend ergotroper Tonuslage deutliche Effekte zu zeigen.

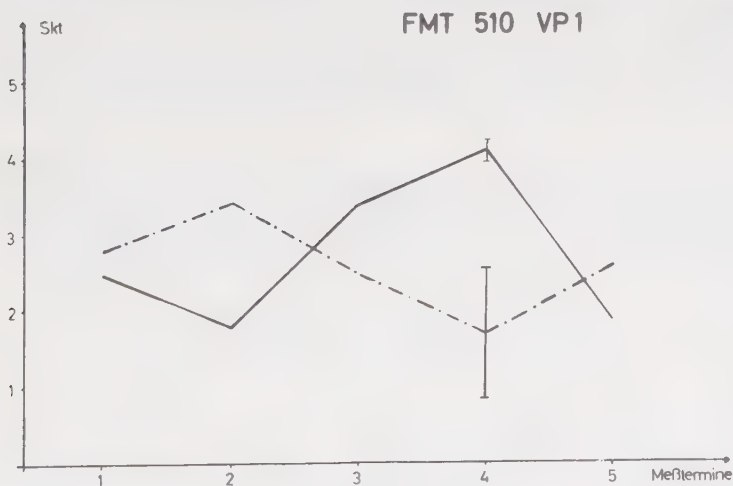


Abb. 13 FMT VP 1 Auswahl der Tage mit Beginn im Grünbereich.

— A = 3 Tage mit Klimareiz
 -.-.- B = 4 Tage ohne Klimareiz

Differenz in M 4
 schwach signifikant.

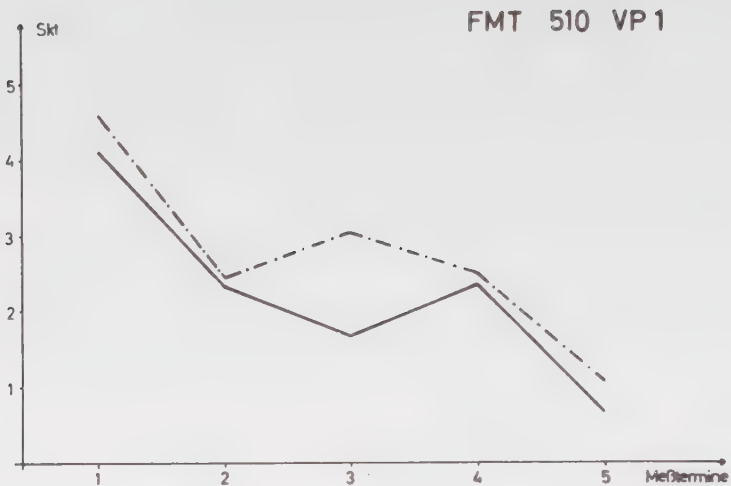


Abb. 14 FMT VP 1 Blaubeginn A = 4 Tage, B = 3 Tage.
(Legende s. o.)

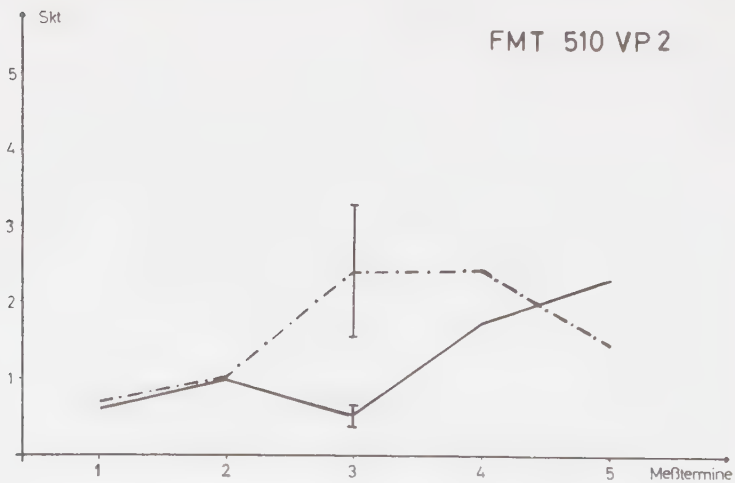


Abb. 15 FMT 510 VP 2 Beginn im Rotgelbbereich (0 - 1,5 Skt)

— A = Tage mit Klimareiz (4 Tage)
 -.-.- B = Tage ohne Klimareiz (6 Tage)

Zu VP 2:

Der Kurvenverlauf ohne Aufgliederung ist hier im Vergleich der Kurven A und B so einförmig, daß dieser Proband von Klimareizen kaum beeinflußt zu sein scheint (s. Abb. 9).

Gliedert man jedoch nach unserer Vorstellung weiter auf, so wird (nur bei Beginn im Rotgelb) die unterschiedliche Farbwahl zwischen A und B am Meßtermin 3 fast signifikant, zeigt also angedeutet einen Klimareizeffekt. Interessant ist hier auch die schnelle Reaktion des Probanden, wenn wir uns erinnern, daß der I. Klimareiz zwischen Meßtermin 1 und 2 erfolgte.

(Der II. Klimareiz wurde abends nach Meßtermin 5 gegeben und konnte sich daher in unseren Versuchen nur über Nacht auswirken.)

An den Tagen ohne Klimareiz (B) scheinen jedoch andere Einflüsse diese VP (wie VP 1) zu einem zum Teil völlig entgegengesetzten Farbwahlverhalten zu bewegen.

Ausdrucksvoll ist ebenfalls wieder wie in Abb. 15 (im Vergleich zu Abb. 9) die kurzfristige Reaktion der VP 2 auf den etwa 3 Stunden zurückliegenden Klimareiz.

Zu VP 3:

Das unaufgegliederte Farbwahlverhalten dieser VP ist ebenso gleichförmig und ohne bedeutende Abweichungen zwischen A und B wie bei VP 2 (vergleiche Abb. 9 und 10).

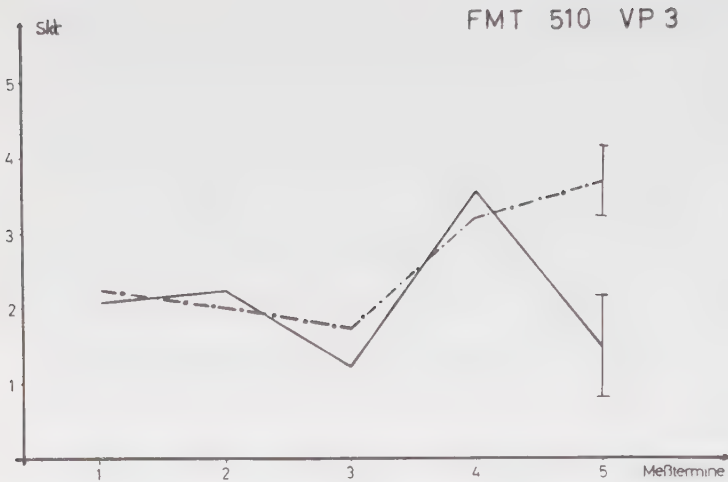


Abb. 16 FMT VP 3 Beginn im Grüngelbbereich (1,5 - 3,5 Skt)

— A-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (5 Tage)
 .-.- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (5 Tage)

Gliedern wir nun wieder auf, so zeigt die Auswertung der Versuchstage mit Beginn im Grünbereich (Abb. 16) eine Besonderheit. Zwar ist der Verlauf von A und B bis Meßtermin 4 sehr ähnlich, weist jedoch in M 5 einen signifikanten Unterschied im Farbwahlverhalten und damit wieder einen Klimareizeffekt, hier jedoch mit verzögerter Anstiegszeit, auf.

5.4.2. Ergebnisse des Farberinnerungstest FET 515:

Bei diesem Versuch wollten wir feststellen, ob sich trotz des erinnerungsbedingten Fehlers gleichsinnige Schwankungen mit dem Farbwahlverhalten des Farbwahltestes ergaben.

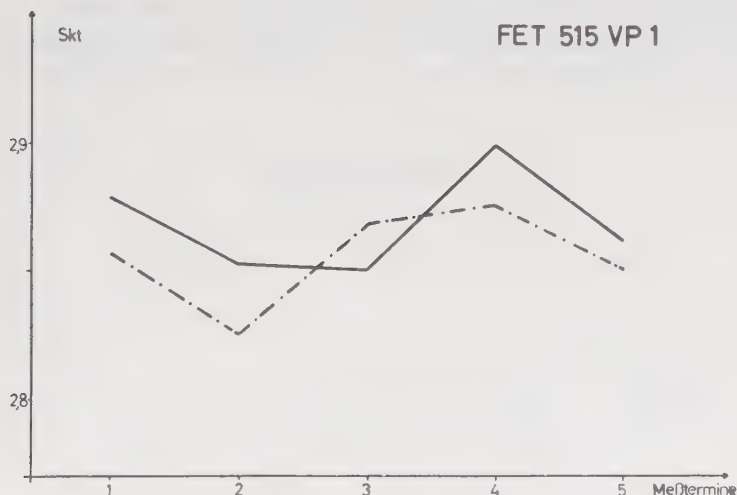


Abb. 17 FET 515 VP 1

Graphische Darstellung der Ergebnisse des Farberinnerungstests der Vp 1

x-Achse: Tägliche Meßtermine

y-Achse: Farbmeßwerte in Skt der Farbskala, variiert für den FET. Bereich 2,7 - 3,1 Skt.

— A-Kurve = 10 Versuchstage mit Klimareiz

-.-.- B-Kurve = 10 Versuchstage ohne Klimareiz

Als Farberinnerungswert wurde im Punkt 3,0 Skt ein kräftiges, ansprechendes Grün mit nur geringen Gelbanteilen ausgewählt. (Der gesamte Grünbereich umfaßte 1,5 - 3,5 Skt.) Diese Farbe wurde einmal am Abend des 4. Tages jeder VP für

eine Minute am Farbmischgerät ohne Angabe der Skt eingestellt. Wir versuchten, die FET-Farbwahl mit den Ergebnissen des FMT zu korrelieren.

VP 1:

Beim Vergleich von Abb. 11 und 17 sehen wir einen fast identischen Verlauf der beiden Klimareizkurven (A). Auch beim FET weist der 4. Meßtermin den bei dieser VP typischen Gipfel im Blaubereich auf.

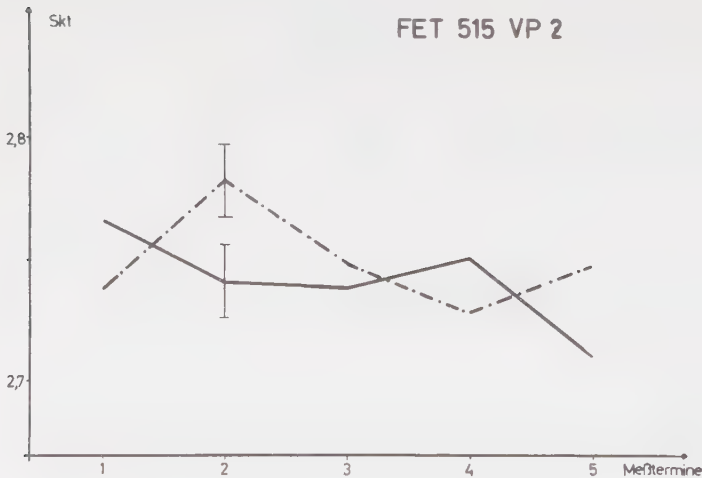


Abb. 18 FET 515 VP 2 (Legende s. VP 1)

— A-Kurve = 10 Versuchstage mit Klimareiz
 -.-.- B-Kurve = 12 Versuchstage ohne Klimareiz

Der Vergleich der beiden Nichtklimakurven (B, s. Abb. 11 und 17) bietet nur streckenweise das Bild einer gleichartigen Farbwahl tendenz. An Tagen ohne Klimareiz scheinen somit andere Elemente die Farbwahl vorrangig zu bestimmen.

VP 2:

Die Abb. 9 und 18 zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf der A-Kurven, sodaß der Klimareiz hier (wie auch bei VP 1) der die Farbwahl wesentlich zu beeinflussende Faktor zu sein scheint. Die Grünwahl an Nichtklimatagen ist eine völlig andere wie an Tagen mit Klimareiz (s. Abb. 18). Besonders im Meßtermin 2 tendiert die B-Kurve mehr in Richtung Blauwahl, während A sich in Richtung Rotgelb absenkt. Die graphische Trennung in diesem Bereich ist jedoch nicht signifikant.

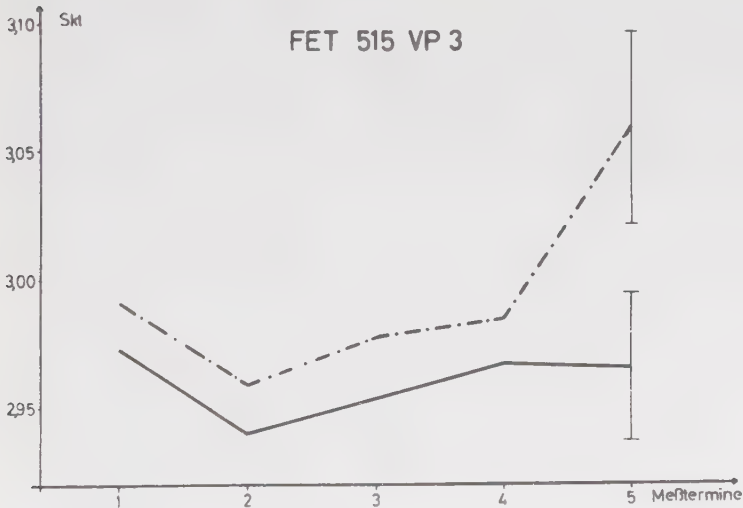


Abb. 19 FET 515 VP 3

— A = 10 Versuchstage mit Klimareiz
 -.-.- B = 12 Versuchstage ohne Klimareiz

VP 3:

Der Vergleich der A und B - Kurven von Abb. 10 und 19 zeigt ein in der Tendenz zum Teil völlig abweichendes Farbwahl-

und Farberinnerungsverhalten, so daß keine Aussage über vorherrschende Einflüsse gemacht werden kann.

Bei Betrachtung der Abb. 16 und 19 zeigen sich jedoch (evtl. verursacht durch den gleichartigen Beginn im Grünbereich) speziell zum Meßtermin 5 vergleichbare Ergebnisse, wobei der Unterschied im Farbwahlverhalten zwischen A und B in Abb. 16 signifikant und in Abb. 19 fast signifikant ist. So scheint auch hier angedeutet ein Klimaeinfluß vorhanden zu sein.

5.5. Diskussion

5.5.1. Diskussion der Ergebnisse des Farbwahltestes

Unsere Versuchspersonen zeigen im Beobachtungszeitraum über mehrere Tage ein unterschiedliches Farbwahlverhalten. Da die Farbwahl eines Probanden von zahlreichen Faktoren, wie etwa vegetativen Zustandsänderungen, psychologischen Begebenheiten wie z. B. Ärger oder Freude, Spieltrieb, Klimaeinflüssen und zudem sicherlich auch vom Konstitutionstyp u. a. mehr abhängig ist, glaubten wir, daß mit der Wahl des hier diskutierten 1. Meßtermins durch die gerade erst zurückliegende Nachtruhe einige dieser Faktoren wenigstens abgeschwächt sein würden. Zudem nahmen wir an, daß die vegetative Ausgangslage nach einem 7 - 8 Stundenschlaf ausgeglichener und, über mehrere Tage gesehen, konstanter sein würde. (s. Abb. 6 - 8)

Im Idealfall, bei einem angedeuteten 24 - Std.-Rhythmus, müßte also eine VP morgens z. B. entweder stets blau (vago-troph) oder rotgelb bis gelb (sympathikotroph) wählen (Busch, 6). Ein solches Verhalten war angedeutet bei VP 2 im Zeitraum vom 8. - 19. Versuchstag vorhanden. (s. Abb. 7)

Eigenartigerweise fiel diese postulierte Idealfarbwahl auch noch mit der 1. sicheren vegetativen Störzone, den Klima-reizen vom 7. - 16. Versuchstag zusammen. Ein vergleichbarer Effekt bei der zweiten Störwelle vom 22. bis 28. Tag fehlt jedoch.

Auch der Versuch, die Farbwahl mehrerer Tage hintereinander in eine Rhythmik einzuordnen, indem wir die diurnale Farbwahl mehrerer Tage aneinander reihten (vereinfacht also z. B.: Grün - Rot - Rot - Grün - Blau - Rot - Blau - Grün usw.), läßt keine Systematik erkennen.

Zudem fehlen uns vor allem auch andere, gut erforschte vegetative Vergleichsfaktoren wie z. B. Blutdruck oder Pulsverhalten zur selben Zeit, die es uns ermöglichten, Farbe und veget. Zustand zu korrelieren. Die Farbwahl allein läßt noch keine Schlüsse zu. (Die Ergebnisse aus Puls- und Blutdruckverhalten, die beim gleichen Klimakammerversuch parallel mitgemessen wurden, lagen beim Abschluß dieser Arbeit leider noch nicht vor.)

An mehreren Meßterminen zeigen 2 VPn, an 4 Tagen (4, 10, 20, 24) sogar alle drei Vpn ein gleichsinniges Farbwahlverhalten. Diese Erscheinung muß jedoch mangels anderer gleichsinniger Korrelate als zufällig angesehen werden.

Mit der bisherigen Betrachtungsweise können wir nur festhalten, daß das Farbwahlverhalten unserer VPn circadiane und mehrtägige Schwankungen aufweist, die wir zur Zeit nicht sicher in Korrelation mit bestimmten veget. Zuständen bringen können.

Da jedoch auch hier immer wieder einige, scheinbar sinnlose Übereinstimmungen der Farbwahl gleicher Meßtermine an verschiedenen Tagen bei der gleichen VP auftraten, haben wir unsere Meßwerte in der beschriebenen Weise (s. Vorbemerkg.) summiert und damit einen durchschnittlichen Tagesgang der Farbwahl (mit Fehlerbreite) erhalten.

Durch die Summierung kann jedoch keine Aussage mehr über das echte Farbwahlverhalten gemacht werden.

Diese Form der Aufbereitung gibt uns aber die Möglichkeit, eventuelle Änderungen der durchschnittlichen Farbwahl mit Änderungen von Temperatur und Feuchte (gleich "Klimareize") zu korrelieren.

Diese Methode, mit der eventuell durch den Summierungseffekt der Unterschied zwischen heller und dunkler Farbe stärker zum Ausdruck kommt, zeigt besonders bei VP 1 Erfolg. (s. Abb. 11)

Beide Tagesgänge (mit und ohne Klimareiz) beginnen, unter Einbeziehung der Fehlerbreite, zum Meßtermin 1 im Übergangsbereich von Orangegelb bis Gelbgrün, Hauptfarbe also hellgelb (s. Busch, 6; Frieling, 17). Zwischen Skt 0,5 und 2,5 liegt auch der Bereich der größten Lichtintensität (s. Abb. 5). Nach Busch (6) wäre also eine ergotrope Erregungslage anzunehmen. Zum 4. Meßtermin erfolgte dann an Tagen mit Klimareiz der Umschlag in die Blauwahl (bes. deutlich in Abb. 11, 12) und damit in die trophotrope Phase. Dieser stark signifikante Effekt korrelierte zeitlich (s. Straube, Scholz, 3, 40) mit dem möglichen beginnenden Umschlag in die trophotrope Phase. Etwa 3 Std. nach Klimareiz, ab 3. Meßtermin, ist ein Umschlag des Farbwahlverhaltens erkennbar, 5 Std. nach Reiz das Maximum, 7,5 Std. nach Reiz wieder völlige Umschaltung in die "antagonistische" Verhaltensweise. Eine erkennbare Reaktion dauert demnach etwa 4 Std.

VP 2 und 3 zeigten im Farbwahlverhalten keine signifikanten Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz, so wie auch verschiedene Probanden anderer Untersuchungsreihen (Krawkow, 29; Frieling, 17) nicht immer eindeutige Reaktionen im Sinne der Untersucher aufwiesen.

Da nach Busch u. a. (s. Vorbemerkungen) die Rot-, vorwiegend die Gelb-, und Blauwahl am ehesten veget. Zustandslagen anzeigen, haben wir, wie beschrieben, unsere Farbwahlergebnisse sinngemäß weiter aufgegliedert.

Bei VP 1 bleibt bei Tagesbeginn im Rotgelb - Gelbgrünbereich (Abb. 12, 13) (gleich ergotrop) die zuvor beschriebene signifikante Farbwahländerung (Blauwahl) zum 4. Meßtermin (zeitliche Übereinstimmung mit Ansprechen des Vagus) bestehen.

Entsprechend dazu zeigt der Tagesbeginn mit Blauwahl (trophotrop) den Beginn des Umschlages in die Grüngelbwahl an (ergotrop). Bei vorbestehender Trophotropie scheint der Klimareiz vermehrt eine ergotrope Zustandsänderung zu fördern (s. Straube, Scholz, 3, 40). Auch die gleichartige, wenn auch nicht so ausgeprägte Reaktion von VP 2 und 3 bei Beginn im Rotgelbbereich stimmen mit diesen Vorstellungen überein.

5.5.2. Diskussion der Ergebnisse des Farberinnerungstests:

Da uns aus der Literatur keine vergleichbaren Ergebnisse zum FET selbst vorliegen, halten wir uns an die Untersuchungen über das Farbwahlverhalten.

Dabei darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß der FET sicherlich stark von mnestischen Funktionen der Probanden und dem aus der Versuchsanordnung gegebenen Zwangsverhalten beeinflußt wird.

Im Vergleich zur freien Farbwahl wurde den VPn hier eine umgrenzte Wahl (Grün) aufgezwungen, wobei dieses vorgegebene Grün einen starken Gelbanteil aufwies.

Nach unseren Vorüberlegungen könnte die Farbwahl beim FET stark von der gegebenen vegetativen Ausgangssituation be-

einflußt werden. Bei einer mehr trophotropen Lage sollte die Grünwahl mehr in Richtung Blau, bei einer mehr ergotropen in Richtung Rotgelb verlaufen.

Wir hatten angenommen, daß die VPn den vorgegebenen Grünwert nach einigen Tagen nur noch vage in Erinnerung hatten und demnach das FET - Verhalten sich mehr nach dem FMT - Verhalten richten würde.

Überraschend ist dagegen die enge Schwankungsbreite der Grünwahl der VPn um den vorgegebenen Grünwert von 3,0 Skt.

Die VPn hatten die Grünfarbe nur einmal für eine Minute gesehen. Zudem war ihnen der exakte Bereich von 3,0 Skt nicht bekannt. Trotzdem weicht die Farbwahl um nur - 0,2 und + 0,1 Skt vom Ausgangswert ab.

Mnestische Funktionen müßten demnach das FET - Verhalten ebenfalls beeinflussen.

Dennoch werden unsere Erwartungen zumindest von VP 1 und 3 recht gut erfüllt.

Besonders bei VP 1, einem anscheinend vegetativ besonders ausdrucksvollen Probanden, verlaufen die Farbwahlschwankungen von FET und FMT beim Vergleich der Klimatage annähernd gleichartig, während die Nichtklimatage nicht korrelieren.

Da andere, die Farbwahl beeinflussende Faktoren im allgemeinen konstant waren, muß auch hier in erster Linie ein Einfluß der Klimareize auf das Farbwahlverhalten angenommen werden.

VP 2 (bei Meßtermin 2) und VP 3 (bei Meßtermin 5) weisen ein ähnliches, wenn auch nicht so überzeugendes, Verhalten auf. Der als Kontrolltest zum FMT gedachte FET hat demnach unsere Erwartungen hinsichtlich des "Fehlers" in der Farbwahl in etwa erfüllt.

6. Der Flimmerverschmelzfrequenztest FLV 520

6.1. Grundlagen:

Bekanntlich ändert sich die Lichtempfindung des Auges, wenn es eine Reihe kurzdauernder periodischer Lichtreize erhält. Solange die Frequenz dieser Folge klein bleibt, sind die Reize getrennt voneinander empfindbar. Mit steigender Frequenz geht die Empfindung zuerst in ein Flackern, dann in ein Flimmern über. Bei noch rascherer Reizfolge entsteht eine einheitliche Lichtempfindung (s. Talbot-Plateauscher Satz, s. Schober, 37). Nach dem Ferry-Porterschen Satz ist die Verschmelzungsfrequenz einer bestimmten Netzhautstelle für das Zapfensehen erheblich höher als für das Stäbchensehen (der Zapfenbereich ist zudem wellen- und farzunabhängig).

Die Flimmerverschmelzfrequenz ist im besonderen abhängig:

1. vom Adaptationszustand und Netzhautort
2. von der Helligkeit der Lichtreize (Reizstärke)
3. von der Größe des Reizfeldes

Bei Helladaptation, starkem Lichtreiz und großem Reizfeld ist die Flimmerverschmelzungsfrequenz am größten. Je nach Methode und Autor soll sie zwischen 15 (Firgau, 16) und bis zu 50 Einzelreizen pro sec (Best, 4; Kleberger, 26) liegen.

Die ältere Literatur beschäftigt sich vorwiegend mit der Klärung des Phänomens Flimmerverschmelzung an sich in physikalischer und physiologischer Hinsicht (s. z.B. Best, 4; Schober, 37; Schaternikoff, 34).

Aufbauend auf Firgau, 16 fanden erstmals Madlung, 31 und Hartmann, 22 bei Betrachtung der FLV in psychophysiologischer Hinsicht gravierende Unterschiede zwischen zyklorthymen (= extravertierten) und schizorthymen (= introvertierten) Typen. Hartmann versuchte sogar aus der Erkenntnis,

daß die introvertierten Typen eine um 20 % höhere FLV besitzen sollen, eine Testmethode der Konstitutionserkennung zu entwickeln.

In neuerer Zeit arbeitete besonders Kleberger mit einer ähnlichen Methode (s. Celotest, Nr. 26, S. 317) und bei Helladaptation, was den Gebrauchswert der FLV gegenüber früheren Versuchen mit strenger Dunkeladaptation (10 - 45 Min.!) stark erhöhte. Die Differenz der FLV bei Helladaptation beträgt nur max. 5 Hz bei einem durchschnittlichen Bereich von 40 - 55 Hz (Kleberger, 26). Die FLV ist geschlechts- und in gewissem Umfang auch refraktionsunabhängig, scheint jedoch durch Netz-, Aderhaut-, Sehnerv- und Sehbahnaffektionen stark gesenkt zu werden.

Zudem scheint die FLV mit zunehmendem Alter von etwa 50 (20 Jahre) auf etwa 43 Hz (60 - 70 Jahre) abzusinken.

Wir haben die Flimmerverschmelzfrequenz unserer VPs untersucht, um auch hier eventuelle Schwankungen im Tagesverlauf und Änderungen durch Klimareize feststellen können.

6.2. Methodik

Für unsere Untersuchungen benutzten wir als Basisgerät einen modifizierten Funktionsgenerator, mit dem es möglich war, kontinuierlich die Einschaltfrequenz zweier Leuchtdioden zu ändern.

Der Versuchsapparat bestand aus einem geschlossenen Gehäuse, auf dessen Rückwand innen die zwei Leuchtdioden befestigt waren, die von der Vorderseite her durch eine runde Öffnung ($\varnothing$ 10 cm) betrachtet werden konnten.

Durch Drehen eines skalierten Drehschalters am Frequenzwandler konnten die VPn durch Erhöhung der Frequenz die Einzellichter der Dioden über Flackern und Flimmern zu einem Dauerlicht zusammenführen.

Diese Frequenz, ablesbar in Skt. am Wählschalter, bei der gerade subjektiv das Flimmern endete und das Dauerlicht begann, wurde als Flimmerverschmelzfrequenz definiert.

Zur Größenordnung des Frequenzbereiches mag die Angabe genügen, daß 0 Skt. ca. 40 Hz und 10 Skt. ca. 50 Hz entsprechen.

Diese Versuche wurden stets unter gleichen Bedingungen durchgeführt. Um unsere anderen Tests nicht zu erschweren, gaben wir uns mit dem gemäßigten Helladaptationszustand der VPn zufrieden. Wir wollen die diurnalen Schwankungen einer vorgegebenen Flimmerverschmelzfrequenz, sowie Abweichungen derselben durch Klimaeinflüsse untersuchen, und nicht die wahre Verschmelzungsfrequenz einer VP unter verschiedenen Versuchsbedingungen wie etwa unterschiedlicher Adaptation und Helligkeit des Versuchslichtes bestimmen (dazu s. 4, 5, 16, 38).

6.3. Versuchsvorgang

Nach Nullstellung der Skala suchte sich jede VP die jeweilige Flimmerfrequenz, notierte die entsprechenden Skt auf ein vorbereitetes Blatt, nullte erneut und wiederholte diesen ganzen Vorgang pro Versuch noch zweimal.

Auswertung

Die so ermittelten Werte wurden zunächst in der üblichen Weise aufbereitet und in Schaubilder übertragen.

Wie beim MCT 550 wurde jedoch eine zusätzliche Bearbeitung notwendig, da sich die Flimmerverschmelzfrequenz der VPs durch einen ungeklärten Effekt zum Ende der Versuche hin ständig senkte. Zu Beginn lag sie (s. Abb. 20)

bei etwa 48 Hz, zum Ende der Versuchsreihe bei etwa 42 Hz.

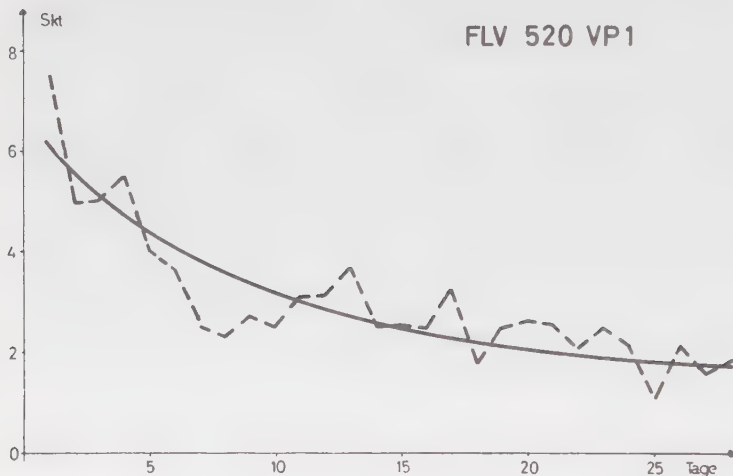


Abb. 20

— endgültige Tagesmittelwerte
 - - - vorläufige Tagesmittelwerte

Zum Ausgleich des Übungstrends wurde zunächst der vorläufige Tagesmittelwert aus den jeweils 5 Tageseinzelmittelwerten gebildet, darauf durch ein graphisches Approximationsverfahren der endgültige Tagesmittelwert eines jeden Tages bestimmt. Zwischen dieser sorgfältig ausgemessenen Größe und den Einzelmittelwerten eines jeden Meßtermins wurde die Differenz gebildet und diese in ein Schaubild übertragen.

Dadurch kann in der Beurteilung jedoch leider keine Aussage mehr über die jeweilige wahre physikalische Frequenz der Flimmerverschmelzgrenze gemacht werden.

Wir halten das auch für unsere Betrachtungen nicht für notwendig, da Schwankungen der Differenzen im Tagesverlauf und

Änderungen derselben ebensoviel Aussagekraft besitzen.

6.4. Ergebnisse des FLV 520:

VP 1:

Die Kurve der Tage ohne Klimareiz (A) zeigt bei dieser Versuchsperson einen deutlichen Tagesgang. Vom morgendlichen Maximum bei Meßtermin 1 (M 1) fällt die Flimmerfrequenz stetig bis zum Minimum bei M 4 ab, um dann wieder steil (40°) bis M 5 anzusteigen.

Im Vergleich zur A-Kurve zeigt die Klimakurve (B) einen gravierenden Unterschied.

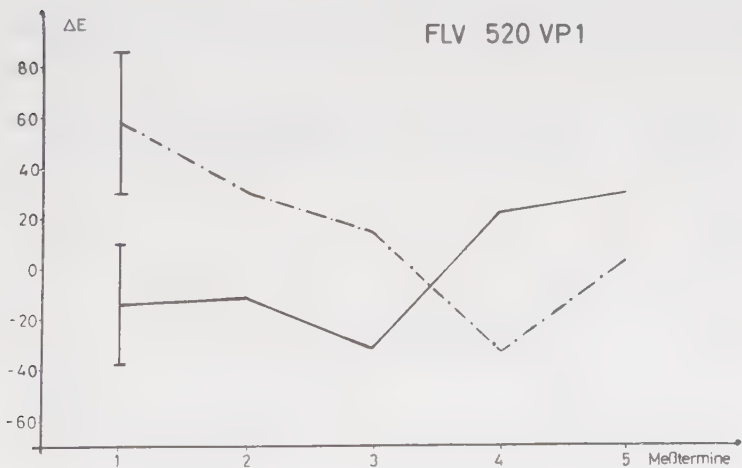


Abb. 21

-.-.-. = A (Tage ohne Klimareiz)

— = B (Tage mit Klimareiz)

Der Tagesbeginn von B bei M 1 liegt auffallend (um etwa 80 Skt) unter dem der A - Kurve. Graphisch zeigt sich eine deutliche Trennung der eingetragenen mittleren Fehler des Mittelwertes.

Statistisch ist diese Differenz jedoch nicht signifikant.

Im weiteren Verlauf sinkt B wieder zu M 3 ab, dann erfolgt ein kräftiger Anstieg über M 4 zum Maximum bei M 5, das deutlich über dem Maximum der A-Kurve bei M 5 liegt.

Auffällig ist zudem die zeitliche Vorverlegung des Tagesminimums von B auf M 3, während das Minimum von A auf M 4 liegt.

Gemeinsam ist jedoch beiden der steile Anstieg aus dem Minimum zum abendlichen Maximum.

VP 2

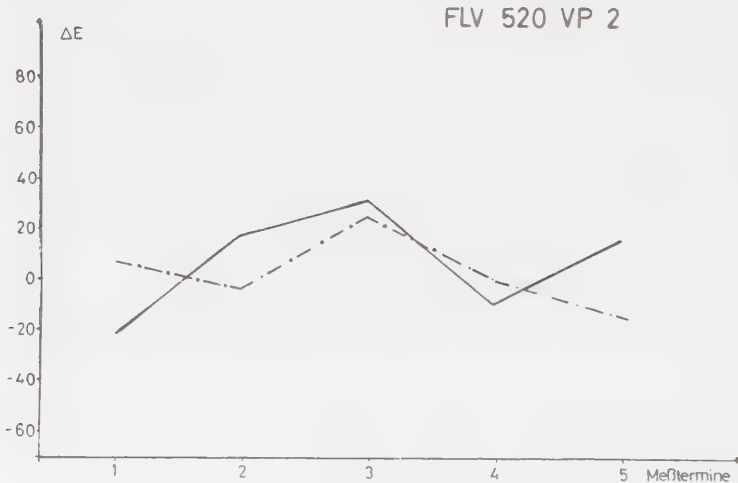


Abb. 22 -.-.-.-. = A (Tage ohne Klimareiz)
 ————— = B (Tage mit Klimareiz)

Tagesschwankungen der Flimmerverschmelzfrequenz sind bei Vp 2 nicht besonders ausgeprägt vorhanden. Die Maxima und Minima von A und B differieren auch beim Vergleich beider Kurven miteinander nur um etwa 30 Skt.

Einzig auffällig ist die Verschiebung der Minima. Während die Maxima beider Verlaufskurven einheitlich, sogar auf gleicher Höhe, in M 3 liegen, fällt das Frequenzminimum von A auf M 5, von B auf M 1.

VP 3

Auffällig sind hier der große Frequenzunterschied der FLV zwischen beiden Verlaufskurven, sowie der deutlich ausgeprägte Tagesgang.

Die A - Kurve liegt um etwa 40 Skt höher als die B-Kurve. Interessant ist dabei auch der fast parallele, gemeinsame Anstieg beider Kurven vom Minimum bei M 1 zum Tagesmaximum bei M 2.

Erst dann weichen beide Kurven voneinander ab. (Klimareiz zwischen M 1 und M 2 !)

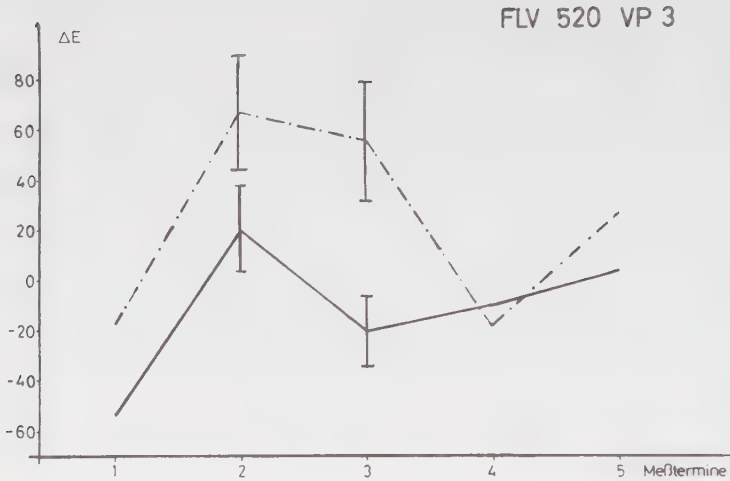


Abb. 23

--- = A (Tage ohne Klimareiz)

— = B (Tage mit Klimareiz)

Die A-Kurve fällt erst sanft, dann steil zu M 4 ab, um darauf wieder steil zu M 5 anzusteigen. Die B-Kurve fällt etwas steiler als A zu M 3 ab, steigt dann fast linear bis M 5 wieder an.

In M 2 und M 3 zeigen die mittleren Fehler der Mittelwerte graphisch (bei M 3 besonders gravierende) Differenzen zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz an, die jedoch nur bei M 3 schwach signifikant sind.

6.5. Diskussion der Ergebnisse des FLV 520

Unsere Ergebnisse hinsichtlich Tagesgang und Beeinflussung des Tagesganges der FLV durch Klimareize können mit denen in der uns vorliegenden Literatur nicht verglichen werden.

Wir können nicht einmal unsere Ergebnisse hinsichtlich der Altersabhängigkeit mit denen von Kleberger vergleichen, da wir nur mit jungen Probanden gearbeitet haben, deren FLV zum Versuchsende hin zudem stetig absank.

Damit verhalten sich unsere VPn völlig gegensätzlich zu Kleebergers VPn, die die FLV stets zu niedrig ansetzten und daher vom Versuchsleiter an die höhere, echte FLV herangeführt werden mußten, während unsere VPn eventuell zu Beginn die FLV zu hoch ansetzten. Nur ein erneuter Versuch mit gleichzeitiger Austestung beider Methoden könnte hier Klärung bringen.

Die bisherigen Untersuchungen wurden stets nur punktuell zu unterschiedlichen Zeiten und Wetterbedingungen durchgeführt. So konnten Tagesverläufe auch nicht auffallen, und die recht große Schwankungsbreite der FLV stets mit physiologischer Schwankung erklärt werden.

Auch in unseren Versuchen schwankt die FLV jeder VP in breiten Grenzen zum jeweiligen Meßtermin, trotzdem kristallisiert sich bei VP 1 und 3 ein eindeutiger Tagesgang heraus.

An Tagen ohne Klimareiz liegt die FLV der VP 1 morgens stets sehr hoch, etwa dreimal höher als nachmittags, um abends erneut leicht anzusteigen. Wird die an Tagen ohne Klimareiz herrschende Wetterruhe durch Klimareize gestört, erfolgt eine völlige Umkehrung mit morgendlich niedriger und abendlicher hoher FLV. Ein ähnliches Verhalten zeigt

VP 3 mit steter, teils signifikanter Erhöhung der FLV an Tagen ohne Klimareiz.

Eine Erklärung dieser Tagesrhythmik der FLV von VP 1 und 3 wollen wir mit einer Deutung der bekannten physiolog. und anatomischen Gegebenheiten versuchen.

Bekanntlich wird der Vorgang der Verschmelzung als Ergebnis nervöser und photochemischer Vorgänge in der Netzhaut angesehen (Schober, 37), in der sich eine Ganglienzellschicht mit veget. Kerngebiet mit neurosekret. Funktion (Best, 4; Hollwich, 25) befindet. Dieses steht über vegetative Fasern der Sehnerven mit dem Zwischenhirn und damit mit dem Regelkreis Vegetativum - Innere Sekretion - Psyche in Verbindung (20, 25, 42). Der Einfluß des Wetters auf diesen Regelkreis scheint gesichert (Hollwich, 25). Somit könnte eine Umstimmung der veget. Tonuslage über das bekannte veget. Leitsystem eine Verschiebung der photochem. Reaktionen der Netzhautganglienzellen bewirken und damit die beschriebenen Veränderungen hervorrufen.

7. Der Lidschlagfrequenztest LSF 530 / CSE 535

7.1. Vorbemerkungen

Ein weiterer wichtiger Bestandteil unserer Versuchsreihe war die Beobachtung der Tagesschwankungen der Lidschlagfrequenz.

Als Lidschlagfrequenz (LSF) wird die Anzahl der Lidschläge pro Minute bezeichnet. Ein Lidschlag besteht aus der Abwärtsbewegung des Oberlides gegen das Unterlid und dem Zurückgehen in die Ausgangslage, also Lidschluß und Lidöffnung. Die Dauer eines Lidschlages beträgt etwa 0,2 - 0,3 Sek. (Knorr, 27)

Man unterscheidet den willkürlichen vom unwillkürlichen oder reflektorischen Lidschlag.

Die willkürliche Lidöffnung erfolgt durch quergestreifte Muskelfasern des M. orbicularis oculi (Innervation N. facialis.) ebenfalls der willkürliche Lidschluß, jedoch wird der dafür zuständige Muskelteil durch den N. oculomotorius versorgt.

Die Steuerung der unwillkürlichen Lidbewegung ist bis heute noch nicht sicher erforscht. Bisher wird vermutet, daß die unwillkürliche Lidöffnung durch vegetat. Fasern des N. oculomotorius, der unwillkürliche Lidschluß durch vegetat. Fasern des N. facialis gesteuert wird (Schober, 37, S. 110).

Die wichtigste Aufgabe des Lidschlages ist unzweifelhaft die Benetzung der Cornea mit Tränenflüssigkeit als Schutz vor Austrocknung und zur Reinigung der Cornea von Fremdkörpern. Dieser Vorgang wird reflektorisch durch einen sensorischen afferenten Impuls über einen Schmerzreiz durch Austrocknung der Cornea ausgelöst. Zur Stützung dieser These wird in der Literatur von namhaften Autoren behauptet:

"eine Anhäufung von Schmerzpunkten finden wir..... an der Cornea, in der jede Epithelzelle von einer Nervenfasern versorgt zu sein scheint. Die Cornea ist das Beispiel einer physiologischen Hyperalgesie" (Prof. Bodechtel, 5 a).

Auch unsere Literaturstellen bestreiten die reichliche vegetative Innervation der Epithelzellen nicht.

Andere Quellen legen dem unwillkürlichen Lidschlag eine direkte Steuerung durch Signale aus dem Zwischenhirn zugrunde, deren Folge (und damit Zahl der Lidschläge) vor allem vom Konstitutionstyp, Alter, seelischem und geistigem Zustand abhängig ist (Gregory, 20). Der reflektorische Lidschlag als Schutz gegen Austrocknung und zur Fremdkörperbeseitigung wird als "sekundärer" Reflex angesehen.

Übereinstimmung herrscht jedoch in fast allen Arbeiten über die Abhängigkeit der LSF von Alter und Konstitutionstyp (10, 21, 27).

So liegt die Lidschlagfrequenz bei Neugeborenen und Kindern bei etwa 2, im Alter bis 20 Jahre etwa in Höhe des Lebensalters, bis 60 Jahre sinkt sie auf 7, über 60 Jahre auf unter 7 Lidschläge pro Minute. Adipöse mittleren Alters haben eine erhebliche niedrigere (im Mittel etwa 3,3) LSF als gleichaltrige Astheniker mit etwa 16 Lidschläge/min.

(Knorr, 27). Die Angaben über die durchschnittliche LSF variieren z.T. stark (vor allem wahrscheinlich wegen der sehr unterschiedlichen Methoden und Zielsetzungen), nach Haathi ist sie z.B. 6 - 40 L/min, während überwiegend etwa 10 - 12 L/min (10, 27) angegeben werden.

In Ruhe erhöht sich die Lidschlagzahl meist beträchtlich auf etwa 19 L/min, während sie in Zeiten stärkerer geistiger Konzentration, etwa beim Lesen, auf 2,6 L/min absinkt (27). ("Bei jedem Lidschlag sind wir praktisch blind, ohne dieses jedoch wahrzunehmen." Gregory, 20)

Bei unserer Untersuchung haben wir die durchschnittliche LSF unserer Probanden festgestellt, und diese dann hinsichtlich eines Tagesganges und Änderungen dieses Tagesrhythmus durch Klimareize beobachtet. Die LSF als Ausdruck der Steuerung durch das vegetat. Nervensystem haben wir dabei in unserem LSF 530, die corneale Hyperalgesie in unserem Test der cornealen Schmerzempfindung CSE 535 betrachtet.

7.2. Methodik

Die Registrierung der Lidschlagfrequenz erfolgte automatisch mit einem von uns entwickelten Gerät. (s. Abb. 24)

Es bestand hauptsächlich aus zwei Teilen:

1. aus einem beweglichen, aufsetzbaren Kopfteil und
2. aus einem Impulswandler mit einem außerhalb der Klimakammer untergebrachten Registriergerät, einem Kumulativschreiber. Am Kopfteil waren an einem beweglichen Bügel gegenüberliegend eine Photozelle und eine Lichtquelle, deren Intensität vor Versuchsbeginn optimal eingeregelt wurde, so angebracht, daß bei offenem Auge der Lichtstrahl ungehindert über die Corneamitte auf die Photozelle fiel.

Erfolgte nun ein Lidschlag, so wurde der Lichtstrahl bei der Auf- und Abbewegung zweimal unterbrochen, die daraus resultierenden 2 Impulse als 1 Lidschlag gewertet.



Abb. 24 Erläuterungen s. Text

7.3. Durchführung:

Jede Versuchsperson besaß einen eigenen grob eingestellten Meßhelm, sodaß bei jeder Versuchsserie (also 5 mal am Tag) der "Helm" jeweils nur noch kurz von einem anderen Probanden fein justiert werden mußte und dann auf exakte Funktion überprüft werden konnte.

Während nun der Proband den Farbmischtest und den Flimmerverschmelztest unternahm, wurden auf "Fertig"-Signal hin kontinuierlich für 3 min. die Lidschläge auf dem Kumulativschreiber aufgezeichnet, um die Meßwerte für den LSF 530 zu erhalten.

Anschließend war die Versuchsperson gehalten, bei festgelegter Blickrichtung 3 min. lang so wenig Lidschläge wie möglich zu machen, also zu "starren", um so vorwiegend die Schmerzempfindung der Cornea zu testen.

Auswertung

Wie bei unseren anderen Tests wurden die Meßwerte eines Meßtermins getrennt nach Tagen mit und ohne Klimareiz summiert, daraus der Mittelwert und der mittlere Fehler des Mittelwertes berechnet.

Die errechneten Mittelwerte der 5 Meßtermine wurden für jede Versuchsperson in Schaubilder übertragen, so daß eventuelle Tagesschwankungen leichter sichtbar gemacht werden konnten.

7.4. Ergebnisse

7.4.1. Ergebnisse des Lidschlagfrequenztests LSF 530:

A. Tage ohne Klimareiz

Die Schaubilder aller drei VPn zeigen den Tagesgang der Lidschlagfrequenz, der einen deutlichen Unterschied zwischen dem morgendlichen 1. und dem abendlichen 5. Meßwert bietet.

Die Differenz zwischen dem 1. Meßwert und dem abendlichen Maximum beträgt bei VP 1 und VP 2 etwa $1,6 \pm 0,6$ Lidschläge pro Minute, bei VP 3 $0,9 \pm 0,4$ L/min., wobei bei VP 3 der Abendwert unter dem Morgenwert liegt.

Bei allen 3 VPn sinkt die morgendliche Lidschlagfrequenz bis zum Tagesminimum am 2. Meßtermin (M 4) (8.30 - 9.30) und steigt darauf bei VP 1 und VP 2 zum Tagesmaximum (bei M 5) allmählich an, während umgekehrt bei VP 3 ab Meßtermin 3 ein Absinken zum niedrigen Abendwert zu beobachten ist.

B. Tage mit Klimareiz:

Hier herrscht im Prinzip die gleiche Verlaufstendenz des Tagesrhythmus vor, wenn auch die Lidschlagzahl/min. je nach Proband teils höher, teils niedriger liegt als an Tagen ohne Klimareiz.

Auffallend ist die Umkehrung des Tagesverlaufes ab dem 3. Meßtermin bei Versuchsperson 3, bei der nun ebenfalls der abendliche 5. Wert zum Tagesmaximum wird. (s. Abb. 27)

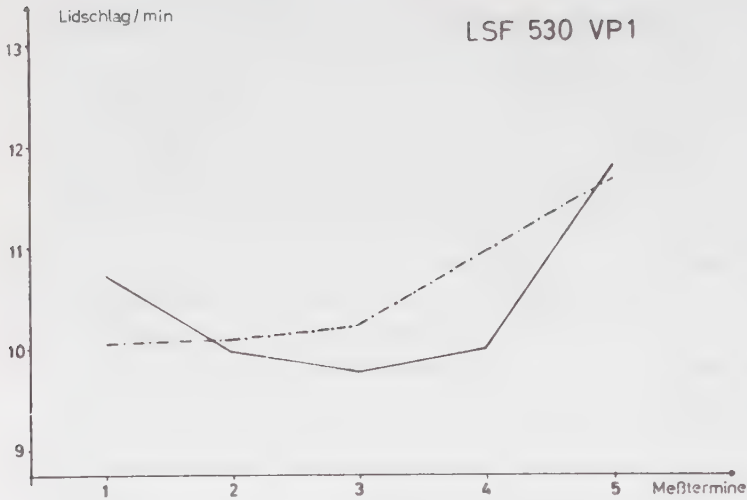


Abb. 25 LSF VP 1

x-Achse: Anzahl der Meßtermine/Tag

y-Achse: Anzahl der Lidschläge der VP/min.

Pro Meßpunkt ist der Durchschnittswert aller Einzelwerte der ausgewählten Versuchstage aufgetragen.

— A-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

-.-.- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (13 Tage)

Vergleicht man die Tageskurven mit und ohne Klimareiz miteinander, so zeigen sich generelle Unterschiede, speziell bei VP 2, deren morgendliche Lidschlagfrequenz am Klimareiztag signifikant ($2,25 \pm 0,5$ Lidschläge) höher ist als zum gleichen Meßtermin an Nichtklimatagen.

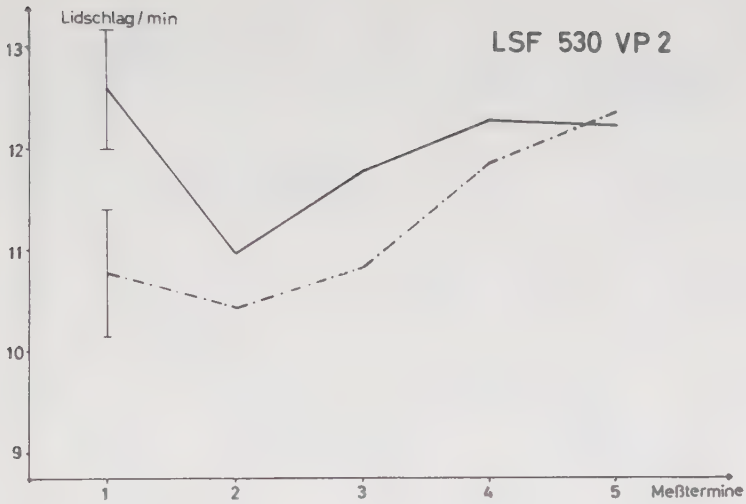


Abb. 26 LSF 530 VP 2

Abb. 26, 27: Lidschlagfrequenztestergebnisse der VP 2 u. VP 3 (Kurven- und Koordinatenbezeichnung siehe bei VP 1)

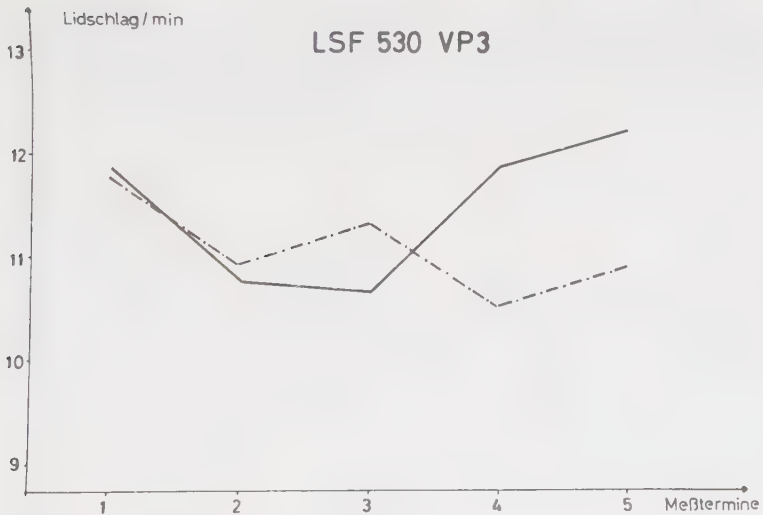


Abb. 27 LSF VP 3

7.4.2. Ergebnisse des Test Corneale Schmerzempfindung CSE 535:

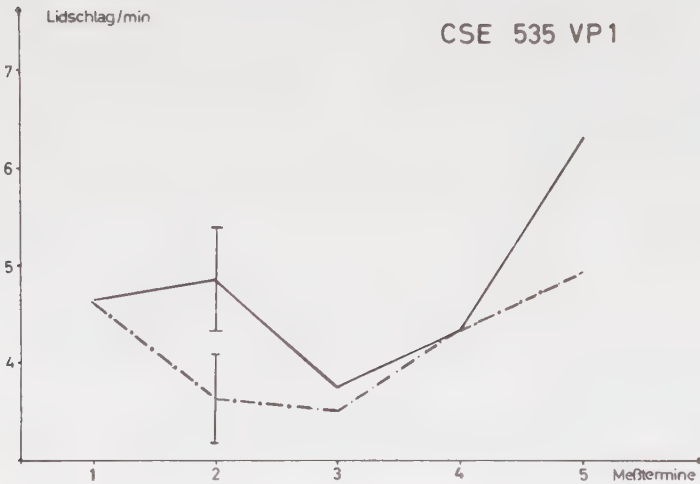


Abb. 28 CSE 535 VP 1

(Das Schaubild zeigt auf der x-Achse die Anzahl der Meßtermine/Tag, auf der y-Achse die Anzahl der Lidschläge/min.)

— A-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

-.-.- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (13 Tage)

A. Tage ohne Klimareiz

Auch hier ist der gleiche Tagesrhythmus wie bei LSF 530 zu erkennen:

Morgendlicher relativ hoher Ausgangswert, Absinken zum Tagesminimum am 2. und 3. Meßtermin. Bei VP 2 und VP 3 liegt die abendliche Lidschlagfrequenz etwas niedriger als die morgendliche (Differenz: VP 2 $2 \pm 0,4$; VP 3 $1,4 \pm 0,7$ Lidschläge), während VP 1 abends eine um etwa 0,3 höhere Lidschlagfrequenz besitzt.

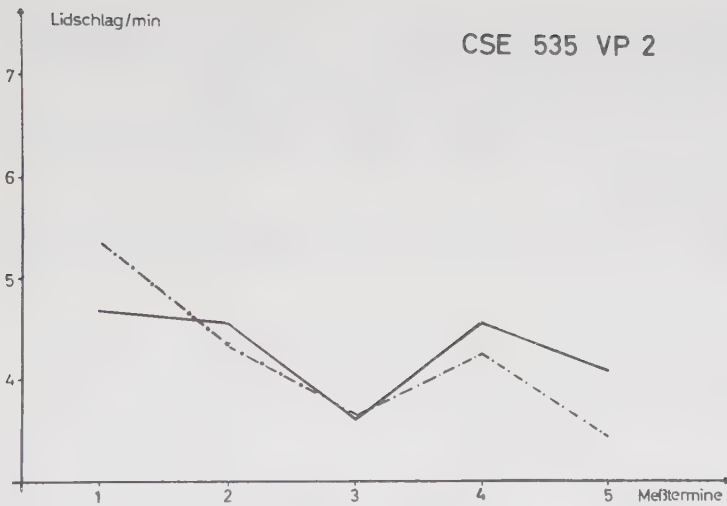


Abb. 29 CSE 535 VP 2 (Legende bei VP 1)

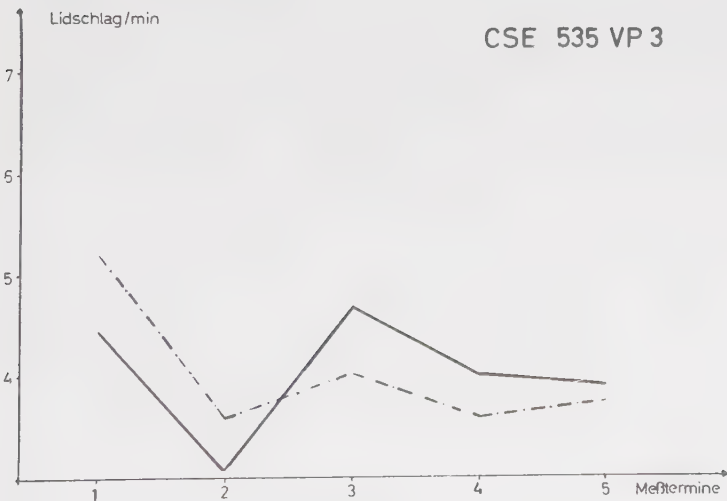


Abb. 30 VP 3 CSE 535 (Legende bei VP 1)

B. Tage mit Klimareiz

Im Prinzip ist der Tagesverlauf der Lidschlagfrequenz hier gleichartig wie der im Absatz A beschriebene.

Nur VP 1 zeigt hier einen Anstieg von Meßtermin 1 zu Meßtermin 2 und erst dann wieder das gleichartige Absinken wie bei VP 2 und VP 3.

Signifikante Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz bestehen jedoch nicht.

7.5. Diskussion

7.5.1. Diskussion des LSF 530

Unsere Ergebnisse stimmen in der durchschnittlichen LSF gut mit den in der Literatur überwiegend angegebenen Werten von etwa 10 - 12 L/min. überein (20, 21, 27). Nach Knorr (27) sind damit unsere Probanden von der körperlichen Konstitution (und Lidschlagzahl) mehr den "asthenischen" Mischtypen zuzuordnen. Der äußere Aspekt und die Ergebnisse einiger anderer Versuche unserer Arbeit scheinen ebenfalls darauf hinzudeuten. Somit müßten unsere VPn eine mehr trophotrope Grundeinstellung haben (s. Einleitung). In dieser Arbeit kann jedoch dazu nicht weiter Stellung genommen werden.

Zur Feststellung des Tagesganges der LSF und seiner Steuerung untersuchen wir zuerst die Tage ohne Klimareiz (also bei normaler Zimmertemperatur und Luftfeuchtigkeit).

Dabei zeigen VP 1 und 2 fast identische diurnale Reaktionen mit morgendlich niedrigem Beginn (etwa 10 l/min.) und Anstieg zum abendlichen Maximum bei etwa 12 L/min., während VP 3 sich entgegengesetzt verhält (morgens 12, abends 10 - 11 L/min.).

Da wir von einer definierten, stets gleichen Klimasituation ausgingen, und die Anzahl möglicher exogener Störfaktoren (Besuche Fremder, Änderung des Versuchsablaufes, Musik und andere Beeinflussungen) während der Versuche verschwindend gering waren, müßte der diurnale Rhythmus der LSF aller 3 VPn überwiegend auf endogene Faktoren zurückzuführen sein.

Als Grundfrequenz unterstellen wir jeder VP eine der Temperatur und Luftfeuchtigkeit entsprechende LSF, die je nach Konstitutionstyp (3, 24, 30) und vegetat. Reaktionslage variiert wird.

Auch Cranach, Gstettner und Haathi (10, 21) fanden trotz unterschiedlicher Versuchsanordnungen stets eine individuelle Konstanz der Lidschlagfrequenz ("deren psychologische und physiologische Wurzeln im übrigen weitgehend ungeklärt sind. Am naheliegensten ist die Lidschlagfrequenz als Ausdruck des Grades der Aktiviertheit anzusehen" Cranach, 10).

Angst, Stress, oder verstärkte Aktivierung erhöhen die LSF.

Als Erklärung für die morgendliche niedrige LSF bei VP 1 und VP 3 bietet sich eine durch die Nachtruhe bedingte vegetat. Dämpfung an. Diese Hypothese würde auch gut mit der zum Abend hin durch körperliche und geistige Ermüdung bedingten Erhöhung der LSF korrelieren. Da Temperatur und Feuchte im Tagesverlauf gleichbleiben, kann die Zunahme jedenfalls nicht durch einen Hornhautreflex allein bedingt sein, sodaß ein vegetativer Steuerungsfaktor vorhanden sein dürfte. (s. Einleitung)

Propfen wir nun der "Lidschlaggrundfrequenz" die Klimareize auf, so scheint jedenfalls VP 1 bei dieser Versuchsanordnung nicht auf Änderung von Temperatur und Feuchte zu reagieren. Die geringfügigen Abweichungen beider Tagesverläufe liegen im Fehlerbereich.

Die signifikant höhere LSF (um 1,5 L/min.) zum 1. Meßtermin bei VP 2 und der steile Abfall zwischen M 1 und M 2 sind

durch den direkten Klimaeinfluß nicht erklärlich. Durch den Klimareiz scheinen die Verhältnisse eher den Tagen ohne Klima angenähert zu werden.

Ein indirekter Klimaeinfluß scheint nur über den abendlichen (zweiten) Klimareiz möglich zu sein, der auch nur bei VP 2 Änderungen im LSF-Verhalten bewirkt.

Nach Becker, Straube u.a. (3, 30, 40), wonach der Organismus auf Wetterreize mit seinem vegetat. NS zunächst mit einer Steigerung des Vagotonus, dann des Sympathikotonus reagiert, ist vom zeitlichen Verlauf her eher eine sympathikotone oder besser ergotrope Reaktionslage anzunehmen, die anscheinend bei VP 2 eine Erhöhung der LSF bewirkt. Die Senkung der LSF um 1,5 L/min. auf den Klimareiz zwischen M 1 und M 2 wäre demnach auf eine trophotrope Zustandsänderung der veget. Reaktionslage zurückzuführen.

Ob der folgende Anstieg der LSF zum Abend durch die folgende langsame Zunahme der Ergotropie oder den bereits diskutierten Ermüdungseffekt zurückzuführen ist, bleibt unklar, da auch an Tagen ohne Klimareiz ein ähnlicher, wenn auch niedrigerer Anstieg der LSF zu verzeichnen ist.

Das abweichende Verhalten von VP 3 mit einem deutlichen (statistisch nicht signifikanten) Anstieg der LSF zum Abend gegenüber Nichtklimatagen ließe sich ebenfalls mit der "vegetativen Gesamtschaltung" nach Hoff (zitiert b. Becker, 3) erklären.

Dieser Anstieg ist nur an Klimareiztagen ausgeprägt (bedingt durch verstärktes Ansprechen des Sympathikus?). An Tagen ohne Klimareiz müßte demnach gegen Abend bei VP 3 eher eine Trophotropie vorherrschen. Eine solche Annahme erscheint jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn man trophotrop mit niedriger, ergotrop mit hoher LSF gleichsetzen könnte.

Da jedoch diese langsam ansprechende Reaktion von VP 3 auf nur Stunden zurückliegende Klimareize auch bei anderen Versuchen (510, 520) zu finden ist, bei denen ebenfalls ab M 3 deutliche Abweichungen gegenüber Nichtklimatagen auftreten, erscheint diese Vorstellung nicht völlig abwegig.

7.5.2. Diskussion der Ergebnisse des CSE:

Ebenso wie beim LSF zeigt sich ein deutlicher Tagesrhythmus, wobei bei VP 1 und 3 ein fast identischer Verlauf der Nichtklimakurven von LSF und CSE, wenn auch auf einem um etwa 6 - 7 L/min. tieferen Niveau, besteht. Die Tagesschwankungen des LSF sind deutlich auch im CSE wiederzufinden. Die Beeinflussung der Lidschlagfrequenz durch den Willen scheint nur bis zu einer gewissen Grenze möglich zu sein, da eine bestimmte, individuell leicht unterschiedliche, durchschnittliche Frequenz zum Schutz vor Austrocknung der Cornea nötig zu sein scheint, die trotz Anstrengung, nicht zu blinzeln, nicht unterschritten werden kann.

Unsere Befunde korrelieren recht gut mit den Ergebnissen von Knorr (27), der beim Lesen (starke geistige Konzentration) etwa 2,6 L/min. angibt, während unsere circadianen Durchschnittswerte beim CSE bei etwa 3 - 3,5 L/min. liegen.

Da die Lidschlagfrequenz beim CSE zusätzlich zum Klimareiz auch noch von den Konzentrationsanstrengungen der VPn beeinflusst war, war unsere Hoffnung auf eindeutige Abweichungen von der "Norm" von vornherein gering. So zeigt auch nur VP 1 an M 2 einen deutlichen Anstieg der CSE um 1 L/min. an Klimatagen, der jedoch nicht signifikant ist.

In diesem Test ist die Anzahl der Störfaktoren wahrscheinlich zu groß, um außer für den Tagesrhythmus auch noch Aussagen über Klimaeinflüsse machen zu können.

8. Der Muskelkoordinationstest MCT 550

Hier wollten wir ähnlich wie beim Farberinnerungs- und Flimmerverschmelzungstest überwiegend die Konzentrationsfähigkeit der VPn (die unzweifelhaft auch von der vegetativen Stimmungslage des ZNS abhängig ist) im Tagesverlauf sowie auch ihre Änderungen in Abhängigkeit von Klimaeinflüssen untersuchen. (Als "Abfallprodukt" ergab sich hierbei für unsere VPn die Möglichkeit zu gleichmäßigem leichten körperlichen Training.)

8.1. Methodik

An der Stirnwand des psychometrischen Testraumes war eine Holztafel mit 3 im Dreieck angeordneten Zielscheiben und 3 Kontrolllampen befestigt. (s. Abb.)

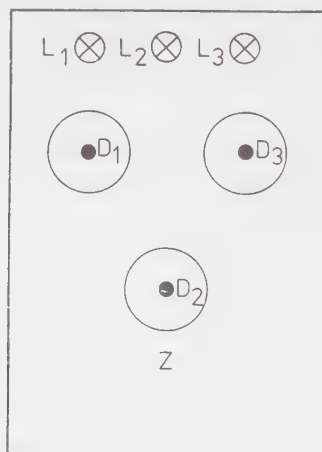


Abb. 31

L_{1-3} = Kontrolllampen, Z = Zielscheibe mit D_{1-3} = Druckkontakte

Durch Berühren eines in der Mitte der linken oberen Zielscheibe gelegenen Druckkontaktes (D 1, 1,5 cm) mit einem schweren Fechtstab wurde die Lampe L_1 eingeschaltet. Gleichzeitig wurde durch ein Relais der Stromkreis für den zweiten (den unteren mittleren) Druckkontakt (D 2) geschlossen, mit dem die 2. Lampe L_2 eingeschaltet und zugleich L_1 ausgeschaltet werden konnte.
(Die dritte Zieleinheit war als Reserve angelegt)

8.2. Versuchsablauf

Im Versuch stand jede VP in Fechthaltung (rechter Arm mit Fechtstab waagrecht ausgestreckt, rechter Fuß vor) so vor der Zielwand, daß die Spitze des Fechtstabes etwa 10 cm vom oberen linken Druckkontakt (D 1) entfernt war.

Auf Kommando wurde eine Zeituhr eingeschaltet, die nach 30 sec durch einen Summton das Ende der Übung anzeigte.

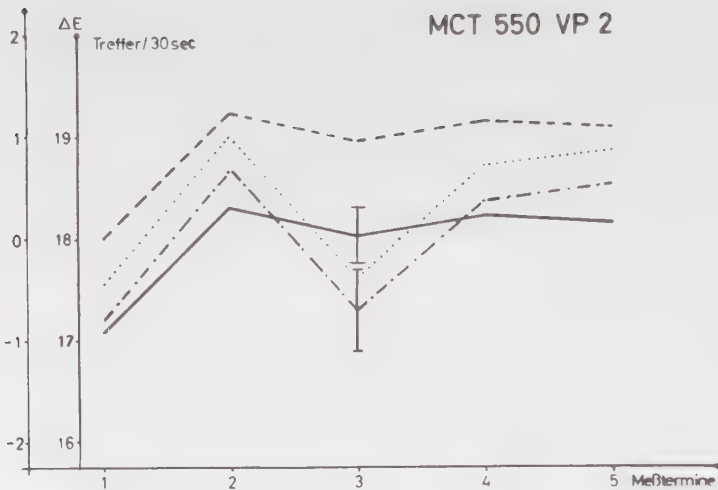
Die VP versuchte nun innerhalb 30 sec so schnell wie möglich über D 1 die Lampe 1 einzuschalten, sie dann über D 2 aus, über D 1 einzuschalten usw.

Jedes Einschalten innerhalb 30 sec. wurde als Treffer gewertet und über ein Zählwerk summiert. Jede VP führte diesen Versuch pro Meßtermin 3 mal durch, die drei Einzelwerte wurden aufgelistet.

Auswertung

Die Auswertung in der üblichen Art (Mittelwertbildung, Summierung über n Tage usw.) ergab zu Beginn falsch signifikante Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz. Durch einen Trainingseffekt nahm die Trefferzahl pro 30 sec im Laufe des Versuches zu. (siehe Abb. 33)

(Durchschnittliche Trefferzahl in den ersten Versuchstagen 13, später etwa 19 pro 30 sec)



zu Abb. 32

- A-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz vom Übungstrend bereinigt (12 Tage)
- .-.- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz vom Übungstrend bereinigt (9 Tage)
- - - A = Versuchstage mit Klimareiz nicht vom Übungstrend bereinigt (12 Tage)
- B-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz nicht vom Übungstrend bereinigt (9 Tage)

Um diesen Übungseffekt auszuschalten, wurden

1. die ersten 4 Versuchstage nicht in die Auswertung mit-
einbezogen
2. ein graphisches Approximationsverfahren angewandt.

Die Einzelmittelwerte eines jeden Meßtermins eines Tages wurden zum vorläufigen Tagesmittelwert summiert.

Die 28 Tagesmittelwerte wurden in ein Schaubild übertragen, der Übungstrend graphisch ausgeglichen. (s. Abb. 33)

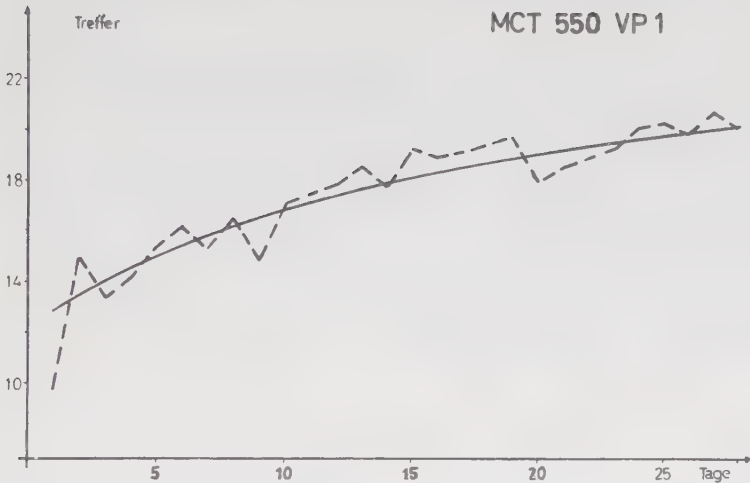


Abb. 33

Die gestrichelte Linie verbindet die vorläufigen, die durchgezogene die endgültigen Tagesmittelwerte.

Zwischen dem genauestens ausgemessenen endgültigen Tagesmittelwert und dem jeweiligen Einzelmittelwert pro Meßtermin wurde über ein Rechenprogramm die Differenz gebildet. Diese diente dann als Grundlage für die weitere Auswertung in üblicher Weise.

(Bezeichnung der Achsen für alle folgenden graphischen Darstellungen: Auf der Ordinate sind die errechneten Differenzbeträge (ΔE) über n Tage, auf der Abszisse die Meßtermine aufgetragen.)

8.3. Ergebnisse des MCT 550

(Auswertung des Tagesverlaufs der Trefferzahl)

A. Tage ohne Klimareiz

Bei VP_1 und VP_2 zeigt der 1. Meßtermin (M_1) das Minimum, der 2. Meßtermin (M_2) das Maximum der Trefferzahl pro 30 sec.

Während jedoch bei VP_1 ein leichter, fast linearer Abfall zum abendlichen zweiten etwas kleinerem Maximum erfolgt, sinkt bei VP_2 die Trefferquote (und damit anscheinend auch die Fähigkeit zur Konzentration). Bei M_3 fast bis zum morgendlichen Minimum ab, um dann wieder bis zu M_5 (fast bis zur Höhe des Tagesmaximums von M_2) anzusteigen.

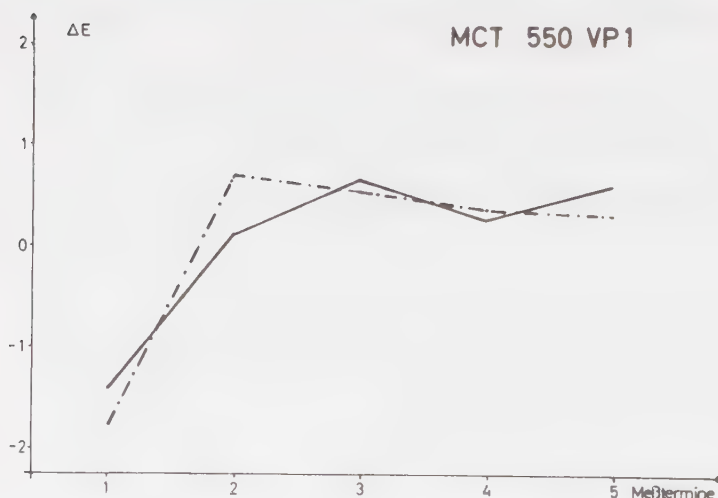


Abb. 34

--- A-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (9 Tage)
 — B-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

B. Tage mit Klimareiz

Der Verlauf bei VP_1 und VP_2 ähnelt sehr dem unter A beschriebenen.

Auch hier liegt das Tagesminimum bei M_1 . Die Tagesmaxima haben sich bei VP_1 jedoch auf M_3 und M_5 verschoben.

Bei VP_2 liegen sie bei M_2 und M_4 . Interessant ist zudem bei VP_2 die graphisch (nicht statistisch) signifikante Erhöhung der Trefferquote bei M_3 , die erheblich über der an Tagen ohne Klimareiz liegt.

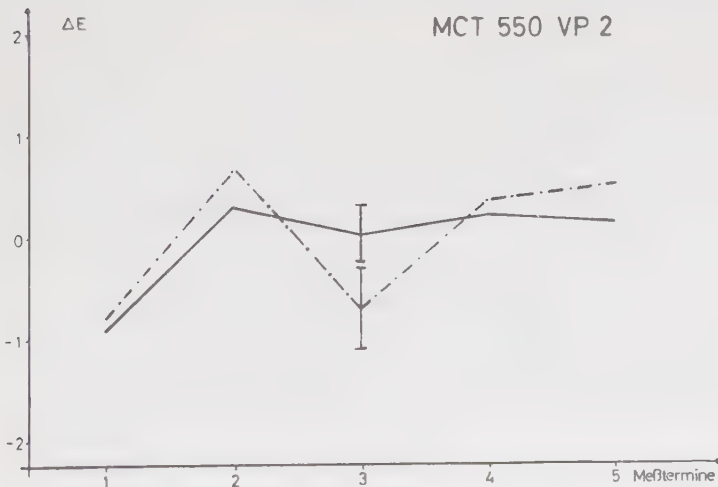


Abb. 35

--- A-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (9 Tage)
 — B-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

VP_3 bietet demgegenüber ein stark abweichendes Bild. Der recht eintönige Kurvenverlauf zeigt angedeutet zwei etwa gleich große Tagesmaxima bei M_1 und M_4 , ein Minimum bei M_3 . Wegen der geringen circadianen Schwankungsbreite der Tref-

ferzahl erhalten wir jedoch bei VP_3 kein wertbares Ergebnis.

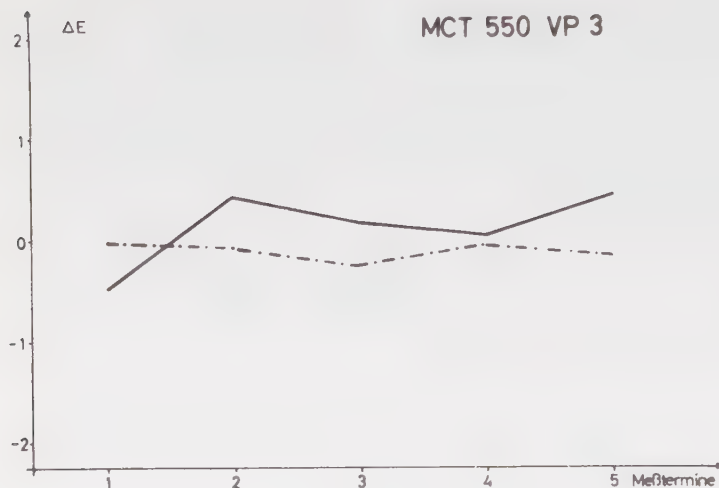


Abb. 36

- . - . A-Kurve = Versuchstage ohne Klimareiz (9 Tage)
 ————— B-Kurve = Versuchstage mit Klimareiz (12 Tage)

Insgesamt scheint bei VP_3 die Trefferzahl an Tagen mit Klimareiz gegenüber Nichtklimatagen leicht erhöht zu sein.

Bei diesem Test bestehen keine meßbaren signifikanten Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz. Ein eindeutiger Tagesgang mit Minimum und Maximum der Trefferzahl besteht nur bei VP_1 und 3 .

8.4. Diskussion der Ergebnisse des MCT 550

Der bei VP 1 und 2 vorhandene Tagesgang korreliert unzweifelhaft gut mit den bisherigen Untersuchungen über die 24 - Stunden - Periodik biologischer Rhythmen (s. u. a. Aschoff, 1), wenn auch unsere Untersuchungen nur die Wachperiode betrafen

Beide VPn haben beim MCT ihr Leistungstief morgens in der Zeit zwischen 7.00 und 8.00 Uhr, ihr Leistungshoch zwischen 9.30 und 10.30 Uhr. Der Unterschied zwischen Hoch und Tief beträgt bei diesen VPn immerhin etwa 2 Treffer / 30 sec (bei einer durchschnittlichen Trefferzahl von etwa 18 - 19).

Im intradiurnen Rhythmus tritt zu Mittag ein Leistungsabfall ein, der sich jedoch nur bei VP 2 eindeutig darstellt. Das mittägliche und morgendliche Leistungstief sind in der Trefferquote gleich. Ein zweites Leistungshoch tritt wiederum eindeutig nur bei VP 2 zum 4. und 5. Meßtermin auf.

VP 2 mit dem ausgeprägtesten Tagesrhythmus scheint auch als einzige VP wenigstens angedeutet durch den 1. Klimareiz beeinflusst zu werden, da dieser den Ermüdungseffekt (?) zu Meßtermin 3 fast ausgleicht und die Trefferquote um etwa 1 Treffer / 30 sec erhöht. Dieser Effekt ist jedoch nicht signifikant.

Auch der bei anderen Versuchen (z.B. CSE, LSF) diskutierte abendliche Ermüdungseffekt verändert die Trefferquote der VPn nicht eindeutig.

VP 3 ist zudem in ihrer Trefferquote von einer ausgeprägten Konstanz. Sie scheint weder durch Nachtruhe, Mahlzeiten oder gar Klimaeinflüsse beeinflussbar zu sein. Auch eine Tagesrhythmik ist nicht erkennbar. Dieses Ergebnis stimmt je-

doch mit den bisherigen Versuchserfahrungen bei dieser VP überein.

Beim Vergleich mit einem anderen Test, bei dem ebenfalls u. a. das Konzentrationsvermögen geprüft wurde (spez. CSE 535), finden wir, wenigstens bei VP 1 und VP 2, eine gute Korrelation zwischen dem Absinken der Lidschlagfrequenz (gleich gutes Konzentrationsvermögen) und Steigerung der Trefferzahl zum Meßtermin 2 (Vergleiche Abb. 28, 30, 34, 35).

9. Kritik der Methode

9.1. Kritische Überlegungen zum Versuchsablauf

Die bei Langzeituntersuchungen dieser Art auftretenden seelischen Belastungen durch die räumliche Enge, das Gefühl des Eingesperrtseins und dem Verlust gewohnter menschlicher Kontakte sind in diesem Versuch sicher nicht so stark zum Ausdruck gekommen wie bei vorhergehenden Versuchen, da diesmal die Möglichkeit des Wechselns zwischen mehreren Räumen bestand. Außerdem waren unsere Probanden schon lange Jahre miteinander eng befreundet und verbrachten auch normalerweise viel Zeit miteinander.

Zudem sollte die Auswirkung dieser häufig angeführten seelischen Belastung nicht zu sehr überschätzt werden, da die Probanden als Doktoranden mit sehr positiver Intention an diesen Versuch herangingen und durch den Besuch von Freunden und Verwandten und die Verfügbarkeit aller möglichen Kommunikationsmittel (Radio, Fernsehen, Telefon, Tonband) "normale" Verhältnisse weitgehend gewahrt waren.

Zusätzlich hat sicherlich die ausgezeichnete Betreuung durch die Institutsmitglieder, und vor allem auch die abwechslungsreiche Verpflegung mit der Möglichkeit, an Wo-

chenenden sogar selbst ausgewählte Spezialitäten zu erhalten, sehr zur Stützung des seelischen Gleichgewichts beizutragen. Da auch normalerweise nicht zu erwarten ist, daß sich Menschen während eines langen Zeitraumes stets in der gleichen seelischen Verfassung befinden, kam es unseres Erachtens eher darauf an, Art und Zeitpunkt einer Änderung möglichst genau zu erfassen und mit den Meßergebnissen zu korrelieren.

9.2. Kritik der Klimareize

Die klimatischen Bedingungen im Klimaraum selbst waren ideal gesteuert und wurden von den Probanden als sehr angenehm und den Versuchsbedingungen als angepaßt empfunden.

Sollten weitere Versuche dieser Art durchgeführt werden, wäre allerdings eine Änderung in der Zusammensetzung der Klimareize in der Physiolog. Diagnostik wünschenswert.

Für die Signifikanz der Ergebnisse würde eine mindestens 3-4tägige Kombination gleicher Klimareize (z.B. gleiche Temperatur und Feuchte über 4 Tage) an Meßtermin 1 und 2 als eine Art "Holzhammerereffekt" sicherlich aussagekräftiger sein.

Sehr wahrscheinlich würde z.B. eine lange, gleichmäßige Feuchteperiode gerade bei Lidschlagfrequenz und Flimmerfrequenz eindrucksvollere Ergebnisse abgeben.

In diesem Versuch war die Zahl der einzelnen direkten Reize (nur feucht, nur trocken) leider nicht groß genug, um sie in Beziehung zu den Meßergebnissen setzen zu können.

Wegen der zeitlichen Grenzen werden solche Wünsche auch in Zukunft nur schwer zu erfüllen sein, vielleicht findet sich jedoch eine Möglichkeit.

Andererseits sollten, wenn möglich, besondere Extreme gerade bei der Luftfeuchtigkeit vermieden werden (obwohl dieses technische Problem mehr durch die schwer beeinflussbaren Klimaanlage bedingt ist), um die VPn nicht zusätzlich psychisch zu belasten, die sich an den extremen Feuchtetagen sehr unwohl fühlten.

9.3. Kritik der Versuchsmethoden

Unsere Versuchsanordnungen, die sämtlich für diese und eventuell weitere Versuche entwickelt worden waren, haben sich im allgemeinen in ihrer technischen Funktion gut bewährt. Ausfälle, wie sie etwa beim Lidschlaggerät durch eine defekte Lampe eintraten, konnten meist rasch ohne besondere Auswirkungen auf die Meßergebnisse beseitigt werden.

Besonders das Farbmischgerät funktionierte ohne Beanstandung, auch war die Bedienung einfach. Zur Untermauerung künftiger (und unserer) Ergebnisse sollten die Probanden jedoch schon möglichst vor Versuchsbeginn mit diesem Gerät Voruntersuchungen, wie etwa spezielle Farbtests, zur besseren Absicherung der psycholog. Seite der Farbwahl vornehmen. Gleichzeitig sollten auch eingefahrene farbpsychologische Tests wie der Lüschartest eingesetzt werden, die in Beziehung zu den zur Zeit der Voruntersuchung vorherrschenden klimatischen Bedingungen gesetzt werden könnten. Nach dem Klimakammerversuch wäre ein Vergleich beider Meßergebnisse wünschenswert. Auch ein variiertes Versuch mit Institutsmitgliedern, die durch ihre ständige Anwesenheit für Langzeitversuche prädestiniert sind, wäre denkbar.

Der Farberinnerungstest sollte allein schon deshalb wiederholt werden, um festzustellen, ob auch bei anderen Probanden die wiederholte Wahl einer einmalig gezeigten Farbe nur

in so geringen Schwankungen erfolgt wie bei uns. Zusätzlich hat sich der Farberinnerungstest als Kontrolltest für den Farbmischtest bei nur geringem zusätzlichem Aufwand recht gut bewährt.

Handlichkeit und technische Funktion des Lidschlaggerätes waren im allgemeinen sehr befriedigend. Allerdings müssen die Versuchspersonen sehr genau den exakten Sitz der Lidschlagmeßhelme überwachen, um Abweichungen im Meßverlauf zu vermeiden. Der Flimmerverschmelz- und Muskelkoordinations-test haben uns, wie beschrieben, vor besondere Auswertungsprobleme gestellt. Gerade bei diesen Versuchen scheint es notwendig zu sein, die VPn bereits lange vorher mit den Geräten üben zu lassen, um spätere Übungseffekte weitgehend ausschließen zu können. Für die Signifikanz von Ergebnissen wird ein vorhergehendes Training sicher günstiger sein als die spätere Eliminierung der ersten Versuchstage und die Anwendung eines Approximationsverfahrens zum Ausgleich dieser Übungstrends.

Beim Flimmertest sollte auch der Versuch unternommen werden, sich nicht nur über das Flackern und Flimmern an die Flimmergrenze heranzutasten (aufsteigend), sondern diese auch vom einheitlichen Lichteindruck ausgehend (absteigend) zu bestimmen, um damit die bisherigen Ergebnisse zu überprüfen. Die absteigende Methode wurde von uns bisher nicht durchgeführt.

9.4. Vergleichende Betrachtung der Meßergebnisse aller Versuche

Vergleichende Betrachtungen aller Meßergebnisse untereinander in Beziehung zum Vegetativum wurden in diese Arbeit nicht aufgenommen. Zwar wurde der Versuch unternommen, jedoch fehlen uns z.T. die Grundlagen, z.T. die weitere Absi-

cherung unserer Meßergebnisse, um etwa die bei VP 1 am Meßtermin 4 auftretende Blauwahl mit einer Erhöhung der Flimmerfrequenz und einer gleichzeitigen Erniedrigung der Lidschlagfrequenz vergleichen zu können.

Wie schon mehrfach angedeutet, scheinen einige zusätzliche Methoden, wenn möglich, bereits besser erforschte, nötig zu sein, um unsere Ergebnisse in enge Korrelation mit der Reaktionslage des Vegetativums bringen zu können.

Für sehr aussichtsreich halten wir dabei den Vergleich zwischen Puls- und Blutdruckverhalten (eventuell nach Injektion von Adrenalin oder Pilocarpin), den Katecholaminen und den Meßergebnissen von Farbmisch-, Flimmerverschmelz- und Lidschlagtest.

Zu den bisher genannten Voruntersuchungen sollte unbedingt auch eine Typeneinteilung der Versuchspersonen nach Konstitutionstyp (z.B. Kretschmer) und Reaktionstyp (Typ A, B usw.) gehören, um die Meßergebnisse besser mit vegetativen Reaktionen korrelieren zu können.

10. Zusammenfassung

1. Drei männliche Versuchspersonen hielten sich während eines 28tägigen Versuches in einer Klimakammer mit konstanter Temperatur und Luftfeuchte auf. Außerhalb der Klimakammer wurden diese Parameter zeitweise gezielt geändert oder den in der Klimakammer herrschenden Bedingungen angepaßt. Dadurch konnten die Versuchstage in Tage mit und Tage ohne Klimareiz (gleich Änderung von Temperatur und Feuchte) differenziert werden.
2. Untersucht wurden fünfmal am Tag das Farbwahlverhalten, das Farberinnerungsverhalten, die Flimmerverschmelzungsfrequenz, die Lidschlagfrequenz, die Corneale Schmerzempfindung und die Muskelkoordination. Wir versuchten eine Beziehung herzustellen zwischen dem diurnalen Rhythmus dieser Vorgänge an Tagen ohne Klimareiz mit dem Verhalten an Tagen mit Klimareiz.
3. Das Farbwahlverhalten wurde im Farbmischtest FMT mittels eines Farbmischgerätes untersucht, mit dem Farben im Bereich von Rot bis Blau nach freier Wahl eingestellt werden sollten. Jede Versuchsperson zeigte eine sehr unterschiedliche Farbwahl, die weder während eines Tages noch im Wechsel mehrerer Tage konstant blieb, wenn auch Wiederholungen vorkamen.
Bei Aufgliederung der durchschnittlichen Farbwahl in Tage mit und ohne Klimareiz zeigten einige VPn zu bestimmten Zeitpunkten z.T. stark signifikante Unterschiede in der Farbwahl.
4. Im Farberinnerungstest FET wurde eine einmal für 1 Minute gezeigte Grünfarbe von den Probanden täglich fünfmal mit nur sehr geringer Streubreite eingestellt.
Die auftretenden Tagesschwankungen korrelieren z.T. eng

mit dem Farbwahlverhalten des FMT (gleiche Abweichungen in gleiche Farbrichtungen).

5. Im Flimmerverschmelzungstest FLV wurde die diurnale Flimmerverschmelzungsfrequenz der Probanden bestimmt. Sie war bei allen VPn zu Versuchsbeginn um etwa 6 Hz höher als bei Versuchsende (Übungseffekt ?). Die individuelle Verschmelzungsfrequenz jeder VP zeigte einen eigenen diurnalen Rhythmus mit entweder morgendlich hoher und abends niedriger Flimmerfrequenz oder sie verhielt sich entgegengesetzt. VP 3 wies an Tagen mit Klimareiz eine signifikant erniedrigte diurnale Flimmerfrequenz gegenüber Nichtklimatagen auf.
6. Im Lidschlagfrequenztest LSF bestimmten wir die Lidschlagfrequenz der VPn. Ihr Durchschnitt lag bei 10-12 L/min. Bei 2 Probanden war sie morgens konstant um etwa 2 L/min niedriger als abends. Bei dem dritten war sie an Tagen ohne Klimareiz morgens signifikant um 2 L/min höher als an Tagen mit Klimareiz.
7. Im Rahmen des LSF wurde die Schmerzempfindung der Cornea im CSE untersucht, wobei die VPn fünfmal am Tag versuchen sollten, möglichst keinen Lidschlag zu machen. Die durchschnittliche Frequenz lag bei 3 - 3,5 L/min. Bei 2 VPn war die Lidschlagzahl morgens um 2 L/min höher als abends, während die dritte VP ihren niedrigsten Wert mittags aufwies. Signifikante Unterschiede zwischen Tagen mit und ohne Klimareiz bestanden nicht, während der Tagesgang der CSE z.T. dem der LSF sehr ähnelte.
8. Beim Muskelkoordinationstest MCT sollten die Probanden mit einem Fechtgerät eine möglichst große Trefferzahl/30 sec erzielen. Die durchschnittliche Trefferzahl stieg durch den Übungseffekt von etwa 14 auf über 20 Treffer/30 sec an. Bei 2 Probanden war die morgendliche Treffer-

quote stets erheblich niedriger als im weiteren Tagesverlauf. Eindeutige Unterschiede im Tagesgang mit und ohne Klimareiz wurden nicht festgestellt.

9. Der Farbwahl-, der Flimmerverschmelz- und der Lidschlagtest scheinen bei weiterem Ausbau und Hinzunahme zusätzlicher Vergleichstests eine Möglichkeit zu bieten, die physiologischen Reaktionen von Probanden in Beziehung zur Tonuslage des vegetativen Nervensystems setzen zu können, wobei ebenfalls ein Vergleich mit der durch Änderung der Temperatur und Feuchte modifizierten Tonuslage durchführbar ist.
10. Psychophysische Untersuchungen der vorliegenden Art wurden bisher nur sehr selten und dann unter völlig anderem Aspekt durchgeführt. In der uns vorliegenden spezifischen Literatur finden wir keine Darstellung circadianer Schwankungen psychophysischer Parameter. Zusätzliche Untersuchungen der Änderung dieser circadianen Rhythmik durch Einwirkung gezielt gesetzter Klimareize fehlen völlig, da auch bis vor kurzem die technischen Möglichkeiten (Klimakammer) nicht gegeben waren. Da Vergleiche unserer Ergebnisse mit Vorgängerstudien nicht möglich sind, werden erst zukünftige gleichartige Versuchsreihen diese Ergebnisse absichern können.

11. Literaturverzeichnis

- (1) Aschoff, J. Exogene u. indogene Komponente der 24 Std. Periodik bei Tier und Mensch
Naturwissenschaften 21, S. 569-75, 1955
- (2) Assmann, D. Die Wetterföhligkeit des Menschen
Veb Gustav Fischer Verlag Jena 1963
- (3) Becker, F. u. Ströder, U. Wirkungen kurzfristiger Änderungen der Biosphäre
Handbuch der Bäder- u. Klimaheilkunde W. Amelung u. H. Ewers S. 603 folg. Schattauer Verlag Stuttgart 1962
- (4) Best, W. Die Abhängigkeit der Flimmerverschmelzfrequenz von der Reizflächengröße und dem Ort der gereizten Netzhautstelle unter besonderer Berücksichtigung der Schwellenreizlichtstärke
Arch. f. Ophthalmologie Bd. 152 S. 99-110, Springer, Berlin 1951
- (5) Beck, A. Optische Messungen der Verschmelzungsfrequenz zur Prüfung stoffwechselgebundener oder nervöser Funktionszustände
Arch. f. Ophthalmologie Bd. 155 Springer Berlin 1954
- (5 a) Bodechtel, G. Pathogenese und Behandlung chronischer Schmerzzustände
Langenbecks Arch. u. Deut. Z. f. Chir. Bd. 270 Berlin 1951
- (6) Braun, E. Das psychovegetative Syndrom
Med. Welt Stuttgart 1966 1/9
- (7) Brezowsky, H. Der Einfluß des Wetters auf den Organismus
Materia Medica, Nordmark 2. Sonderheft 1961

- (8) Busch, L. Die physiologische Komponente bei farbpsychologischen Untersuchungen
Institut für med. Psychodiagnostik
Berlin 1965
- (9) Busse, W. Wetter u. Psyche
München Med. Wschr. 41/1957
- (10) Cranach, M. von Über einige Bedingungen des Zusammenhanges von Lidschlag und Blickwendung
Psycholog. Forschg. Vol. 33 S. 68-78 Springer, Berlin 1969/70
- (11) Curtius, F. Klinische Konstitutionslehre
Springer Verlag Berlin 1954
- (12) De Rudder Grundzüge der Bioklimatik des Menschen
aus: Klima-Wetter-Mensch Heidelberg 1952
- (13) Dirnagl, K. Zur Methodik der meteorologischen u. bioklimatischen Forschung
Arch. f. physik. Th. 5 Thieme, Leipzig 1953
- (13 a) Magyarosy, J., Dirnagl, K. and Schappler, M. Evaluation of colour choice as an indicator for phasic and cyclic fluctuations of psychic state
(7th International Interdisciplinary Cycle Research Symposium Bad Homburg, 27. June - 3. July 1976)
- (14) Effenberger, E. Einfluß des Wettergeschehens auf die Tonuslage des Veget. Nervensystems
Med. Meteorolog. H. 1, 10, 1950
- (15) Eggert, W. Diagnostik funktioneller Syndrome mit dem Lüscher Farbttest
Wissenschaftl. Beiblatt s. Materia Medica Nordmark 54, 1965
- (16) Firgau, H.J. Exp. Untersuchungen über die Flimmergrenze
Untersuchg. z. Psychol. N.F. Bd. 8 H 1, Calvör Göttingen 1934
- (17) Frieling, H. Das Gesetz der Farbe
Musterschmidt Verlag Göttingen 1968

- Der Farbenspiegel
Musterschmidt Verlag Göttingen 1955
- Der Einfluß der Farbe auf den Menschen und seine Leistung
Zentralbl. f. Arbeitswiss. 6/1952
- (18) Ganong Med. Physiologie
 Springer Berlin 1971
- (19) Goldstein u. Wirkung der Farben auf den Organismus
 Rosenthal Schweiz. Arch. f. Neurol. und
 Psych. Bd. 26, 3/1930
- (20) Gregory, R.L. Auge u. Gehirn
 Verlag Kindler München 1966
- (21) Haathi, H. u. Beobachtungen und Versuche über den
 Wuorissen, A. Lidschlag beim Menschen
 Skand. Arch. f. Physiolog. Bd 38
 Berlin 1919
- (22) Hartmann, A. Über den Einfluß des Rhythmus auf
 die Flimmergrenze und ihre Beziehung
 zu Typen der Persönlichkeit
 Untersuchg. z. Psycholog. N.F.
 Bd. 10 H. 3 Calvör Göttingen 1935
- (23) Heiss, R. Über psychische Farbwirkungen
 Studium Generale 13. Jg. 7/1960
 Springer Heidelberg/Berlin
- (24) Hoehm, K. Konstitutions- u. Reaktionstypen in
 der Bioklimatik
 Med. Meteorolog. H. Bd. 1, 5 S. 8
 Hamburg 1951
- (25) Hollwich, F. Der Einfluß des Augenlichtes auf
 die Regulation des Stoffwechsels
 Büch. d. Augenarzt 23 S. 95-136
 Stuttgart 1955
- (26) Kleberger, E. Untersuchungen über die Verschmelzungs-
 frequenz intermittierenden
 Lichts an gesunden und kranken
 Augen
 v. Graefes Arch. f. Ophthalmologie
 Bd. 155 S. 314-323 I. Mitteilg.
 S. 324-336 II. Mitteilg. Berlin
 1954

- (27) Knorr, A. Beiträge zur Kenntnis des Lidschlages unter normalen und pathologischen Verhältnissen
Würzburger Abhandlg. a. d. Ges. geb. d. Med. Leipzig 1929
- (28) Köhler, W. Die Farbwahl Epilepsie-Kranker
Psychophys. Abh. N.F. 53/1962
- (29) Krawkow, S.W. Das Farbensehen
Akademie Verlag Berlin 1955
- (30) Lampert, H. Die Reaktionstypenlehre und ihre Bedeutung für Balneologie und Klimatologie
Arch. f. physik. Th. 14, 3, Leipzig 1962
- (31) Madlung, H. Über den Einfluß typolog. Veranlagung auf die Flimmergrenzen
Untersuchg. zur Psycholog. N.F. Bd. 10 H 1 Calvör Göttingen 1935
- (32) Mücher, H. Psychische und Physiologische Wirkungen des Wetters
Edition Cantor Beih. 7 Aulendorf/W 1957
- (33) Radnot, M. Die Wirkung der Beleuchtung auf die vegetativen Funktionen des Menschen
Rehabilitation 17, 1 1964
- (34) Schaternikoff, A. Über den Einfluß der Adaptation auf die Erscheinung des Flimmern
Z. f. Psycholog., Bd. 29 Leipzig 1902
- (35) Scheidt, W. Das vegetative System
Hermes, Hamburg 1947
- (36) Schmidt, H.G. Der Lüscher Farbtest zur Diagnose vegetativer Störungen
Therapiewoche H. 19, S. 642-644/1967
- (37) Schober, H. Das Sehen
VEB Leipzig Bd. 1 1960
Bd. 2 1964

- (38) Schwarz, H. Über die elektrische Erregbarkeit
des Auges bei Hell- u. Dunkeladap-
tation
Arch. f. d. ges. Physiolog. 249
S. 76-88 1947
- (39) Starkiewicz, W. Physiologische Grundlagen der Hel-
ligkeits- u. Farbempfindungen
Abhandlg. a. d. Geb. d. Augenheilk.
Bd. 39 VEB Thieme Leipzig 1970
- (40) Straube, C.H. u. Über die Einwirkungen komplexer
Scholz, K.H. Wettervorgänge auf das vegetative
Nervensystem
Dtsch. med. Wschr. 634, 1957
- (41) Straube, G. Die Erfassung vegetativ-nervöser
Reaktionsänderungen unter dem Ein-
fluß von Wettervorgängen
Arch. f. physik. Th. 3, 24 Leipzig
1951
- (42) Wagner, A. u. Sehorgan und innere Sekretion
Velhagen, K. Bergmann München / Springer Berlin
1943
- (43) Wallnöfer, H. Der Lüscher Farbtest zur Diagnose
des vegetativen Verhaltens
Ärztl. Praxis 18. Jhg. 70 München
Sept. 1966
- (44) Wohlfarth, H. Versuche zur Bestimmung eines even-
tuellen Effektes von Farbstimuli
auf das autonome Nervensystem
Psychoth., Vierteljschr. f. aktiv
klin. Psych. th. Vol. I Nr. 4 Bern,
Stuttgart 1956
- Psychophysische Auswertung der Ver-
suche zur Bestimmung eines eventu-
ellen Effektes von Farbstimuli auf
das autonome Nervensystem
Psychoth. Vol. II, Nr. 2, 1957
- (45) Wysecki, G. Farbsysteme
Musterschmidt Göttingen 1960

Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung des Versuchs danke ich besonders Herrn Dipl.Phys. Karl Dirnagl und Herrn Prof. Dr. med. Heinrich Drexel.

Mein besonderer Dank für die wertvollen Anregungen bei der Durchführung und beim Abfassen dieser Arbeit gilt Herrn Dr. med. Istvan Magyarosy und Herrn Dipl.Phys. Jürgen Kleinschmidt.

Ferner möchte ich allen Angestellten des Instituts herzlich danken, die durch ihre Arbeit zum Gelingen des Versuchs beigetragen haben.

Schließlich danke ich meinen Mitdoktoranden für ihre gute, kameradschaftliche Mitarbeit.

Lebenslauf

Am 21. November 1947 wurde ich, Manfred Schappler, als erstes Kind des Architekten Erich Schappler und seiner Ehefrau Johanna, geb. Wevering, in Bad Pyrmont geboren.

Meine Schulausbildung schloß ich im September 1966 mit der Reifeprüfung am Humboldt Gymnasium in Bad Pyrmont ab.

Nach dem Grundwehrdienst von 18 Monaten bei einer Sanitätseinheit der Bundeswehr begann ich 1968 ein Studium der Chemie an der Universität Göttingen, 1969 das Studium der Humanmedizin an der Universität München, das ich im Dezember 1974 mit dem Staatsexamen abschloß.

Nach Ableistung der Medizinalassistentenzeit erhielt ich meine Approbation als Arzt im März 1976.

Seit Mai 1976 bin ich als Assistenzarzt an der Chirurgischen Poliklinik der Universität München tätig.

